PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 30. 15. Dezember 1903. 4. Jahrgang.

Redaktionsschluss für No. 1 des V. Jahrganges am 22. Dezember 1903.

INHALT.

Originalmitteilungen:

A. Pflüger, Die Anwendung der Thermosäule in Ultraviolett. (2. vorläufige Mitteilung.) S. 861.

F. Giesel, Ein Demonstrationsversuch zum Nachweis ultraroter Strahlen. S. 862.

K. Regner, Über die Frage der Widerstandsänderung von wässerigen Salzlösungen durch Bestrahlung. S. 862.

E. Hoppe, Historische Notiz zur Wasserzersetzung. S. 865.

R. Luther u. W. A. Uschkoff, Notiz über die chemische Wirkung der Röntgenstrahlen. S. 866.

H. Zahn, Zu den Versuchen des Herrn Blondlot über N-Strahlen. S. 868.

C. Stuchtey, Über geschichtete Entladung im Wasserstoff bei Atmosphärendruck. S. 871.

A. Gockel, Potentialgefälle und elektrische Zerstreuung in der Atmosphäre. S. 871.

Th. Bruger, Über einige elektrodynamische Messinstrumente der Firma Hartmann & Braun A.-G. S. 876.

Vorträge und Diskussionen von der 75. Naturforscherversammluug zu Karlsbad:

E. Raehlmann, Ultramikroskopische Untersuchungen über Farbstoffe und Farbstoffmischungen und deren physikalisch-physiologische Bedeutung. S. 884.

M. Petzold, Diapositive für Projektion mit stereoskopischer Wirkung. S. 890.

Besprechungen:

Frau S. Curie, Untersuchungen über die radioaktiven Substanzen. S. 891.

Röntgen-Vereinigung zu Berlin. S. 892.

Berichtigungen. S. 892.

Personalien. S. 892.

Gesuche. S. 892.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Die Anwendung der Thermosäule im Ultraviolett.

(Zweite vorläufige Mitteilung.)

Von A. Pflüger.

Auf S. 614 d. Jahrgangs habe ich mitgeteilt, dass es mir gelungen ist, mit Hilfe einer empfindlichen Thermosäulenanordnung die Energie der Linien in den ultravioletten Funkenspektren der Metalle mit grosser Genauigkeit zu messen. Ich erhielt damals mittels einer Quarzoptik noch bei der Wellenlänge 214 $\mu\mu$ kräftige Ausschläge des Galvanometers (220 Skalenteile).

Inzwischen habe ich, unter Benutzung von Flussspat, den Bereich der Messbarkeit noch erheblich weiter ausdehnen können. Die Aluminiumlinien bei 186 $\mu\mu$ geben Ausschläge von 200 Skalenteilen, bei einer Spaltbreite von 20 Angström. Bei gleicher Spaltbreite erhält man mit verschiedenen anderen Metallen, im ganzen Bereich zwischen 214 bis 186 $\mu\mu$, Ausschläge bis zu mehreren Hundert Skalenteilen, so dass der Ausführung exakter Intensitätsmessungen im gesamten Ultraviolett, bis zur Durchsichtigkeitsgrenze der Luft (bei etwa 180 $\mu\mu$) nichts mehr im Wege steht. Weiter zu kommen, wird zweifellos gelingen mittels eines Vakuumspektrographen, oder dadurch, dass man die ganze Spektralanordnung in ein durchsichtiges Gas (Wasserstoff, event. auch Stickstoff) bringt, eine Aufgabe, mit deren Lösung ich zur Zeit beschäftigt bin.

Meine Versuchsanordnung besteht in einer, hinter einem verstellbaren Spalte befindlichen, Rubenssschen Thermosäule in der Brennebene des Fernrohrs eines Spektrometers, sowie einem empfindlichen Galvanometer (1 Skt. pro $3 \cdot 10^{-10}$ Ampère). Der Funke wird direkt vor den Kollimator-Spalt gestellt, oder auch ein Bild desselben darauf entworfen.

Dass die Energie der ultravioletten Metalllinien genügt, um bei dieser Empfindlichkeit derartig grosse Ausschläge des Galvanometers [1]) zu bewirken, ist eine im höchsten Masse überraschende Thatsache.

Man hat bisher wohl ganz allgemein die Empfindlichkeit der photographischen Platten über-, die Intensität der Linien unterschätzt. Ein Beispiel möge genügen. Über das Kupferspektrum berichten die Herren Eder und Valenta, in Übereinstimmung mit Erfahrungen, wie sie die Herren Hagenbach und Konen im hiesigen Institut gemacht haben, dass die Photographie der Linien unterhalb 220 $\mu\mu$ mittels Rowlandscher Gitter eine vielstündige Exposition, und mittels lichtstarker Quarzspektrographen Expositionen bis zu einer halben Stunde erfordert. Mit der Thermosäule erhält man dagegen bei einer Spaltbreite von 1 Minute, wobei Linien von 5 Angström Differenz getrennt werden, noch für die Linie 199,9 ca. 10 Skalenteile Ausschlag.

Ferner hat man vergleichende Intensitätsschätzungen in den Funkenspektren bisher, mangels einer anderen Methode, aus dem Anblick der Platten gewinnen müssen. Zu welch falschen Resultaten man dabei gelangen kann, zeigt das Beispiel des Aluminiums. Die Herren Eder und Valenta schätzen die Intensität der Linien bei 199 und 193 erheblich höher, als die der Liniengruppe bei 186. In Wirklichkeit ist die Sache gerade umgekehrt. Eine rohe Messung ergiebt, dass die Liniengruppe 186 wahrscheinlich die stärkste im ganzen Spektrum, und jedenfalls erheblich stärker als 199 und 193 ist.

Zum Betriebe der Funkenstrecke dient ein 25 cm Induktor mit parallel geschalteter Ley-

1) Zum Vergleich diene, dass ein kleiner Nernstscher Glühkörper unter im übrigen nahezu gleichen Verhältnissen, bei 670 $\mu\mu$, also in einem Spektralbereich hoher Energie, etwa 30 Skalenteile Ausschlag giebt.

dener Flasche. Dieser Teil der Versuchsanordnung ist nur insofern merkwürdig, als ich einen einfachen Hammerunterbrecher Deprezscher Konstruktion benutze. Es zeigt sich, dass die Konstanz des Funkenlichtes bei diesem Unterbrecher für viele Metalle völlig ausreichend ist. Die Differenzen der Ausschläge können auf 1 bis 2 Prozent herabgedrückt werden. Zweifellos ist diese, gleichfalls sehr überraschende Thatsache darauf zurückzuführen, dass die Thermosäule relativ langsam reagiert, und darum nur die Mittelwerte der auftreffenden Strahlung in der Zeit registriert. Man muss nur die einfache und selbstverständliche Vorsichtsmassregel gebrauchen, die Metalle nicht zu schnell sich korrodieren oder oxydieren zu lassen. Man misst darum (insbesondere bei leicht oxydierbaren Metallen) zweckmässig, indem man für jede Ablesung den Funken durch Schliessen des Primärkreises „anzündet". Es zeigt sich dann, dass der erste Ausschlag während einer ganzen Reihe von Anzündungen konstant bleibt.

Bezüglich aller Einzelheiten sei auf die demnächst erscheinenden ausführlichen Mitteilungen verwiesen, in denen ich über das Ergebnis der Versuche bei noch kürzeren Wellenlängen, sowie über die Absorption verschiedener fester Körper und Gase, und über die Energieverteilung in den untersuchten Spektren berichten werde.

Bonn, Physikalisches Institut der Universität.

(Eingegangen 22. November 1903.)

Ein Demonstrationsversuch zum Nachweis ultraroter Strahlen.

Von F. Giesel.

Als Selektionsfilter für die ultraroten, resp. Wärmestrahlen wendet man bekanntlich eine Lösung von Jod in Schwefelkohlenstoff oder noch bequemer eine $^1/_2$ bis 1 mm dicke Hartgummiplatte an. Zum Nachweis der durch eine solche Platte gehenden unsichtbaren Strahlen eignet sich vorzüglich ein Sidotblendenschirm, welcher, durch Licht von kürzerer Wellenlänge erregt, äusserst empfindlich gegen Licht grösserer Wellenlänge ist, indem die Phosphoreszenz ausgelöscht wird. Der Schirm reagiert bereits, wenn derselbe durch Auerlicht erregt wird und dann, zum Teil bedeckt, dem mehr roten Licht einer Petroleumlampe ausgesetzt wird. Deutlicher noch gestaltet sich der Versuch, wenn der Schirm durch Bogenlicht unter Zuhilfenahme eines Jenenser Blauviolettglases erregt wird, dann unter Zwischenschaltung einer Schablone aus schwarzem Papier, mit der Hartgummiplatte bedeckt, kurze Zeit derselben Lichtquelle ausgesetzt wird. Die vom Papier bedeckten Stellen zeigen noch die normale Phosphoreszenz, während die von demselben entblössten Stellen so gut wie abgedunkelt sind.

Das dem Auslöschen der Phosphoreszenz vorangehende Anfachen kann hierbei nicht beobachtet werden. Hierzu sei folgende Anordnung empfohlen:

Die Öffnung einer Bogenlampen-Projektionslaterne wird durch eine Hartgummiplatte geschlossen. Die austretenden dunklen Strahlen sammelt man mit einer Linse, oder noch besser mit einem Hohlspiegel[1]) auf dem möglichst im Brennpunkte befindlichen Schirm. Das verstärkte, wenn auch kurze Aufleuchten des erregten Sidotblendenschirmes an den vom unsichtbaren Flammenbilde bestrichenen Stellen ist deutlich sichtbar und macht sehr bald der starken Ermüdung Platz. Ein Schirm mit Balmainfarbe leuchtet ebenso schön auf und zeigt das Phänomen sehr lange, während das Abklingen sehr spät eintritt und weniger deutlich ist.

Eine eingeschaltete Wasserkuvette verhindert weder, noch schwächt sie merklich das Eintreten der Erscheinung, dagegen absorbiert das erwähnte Blauviolettglas die ultraroten Strahlen. Aluminiumfolie an Stelle des Hartgummis schneidet jegliche Wirkung des Bogenlampenlichtes auf die erregten Phosphore ab.

Entwirft man (ohne Filter) mit einem Quarz-, zur Not auch Glas-System ein Bogenlichtspektrum auf den vorbelichteten Zinksulfid (Sidotblende)-Schirm, so ist nach Abdunkelung ein prachtvolles Erregungs- resp. Auslöschungs-Spektrum gegenüber dem mässig hellen Grunde sichtbar; nach Massgabe der Absorptionsverhältnisse des Zinksulfids. Dasselbe umfasst nicht nur den grössten Teil des Ultraviolett, sondern erstreckt sich auch sehr weit ins Ultrarot. Durch Kontakt mit einer Erythrosin-Bromsilberplatte kann das Phosphoreszenzspektrum festgehalten werden.[2])

1) Hohlspiegel ist deshalb vorzuziehen, weil der Schirm dem Strahlengang ab- und dem Beschauer zugewendet ist.

2) Siehe A. Dahms, Erscheinungen der Phosphoreszenz. Habilitationsschrift, 1903.

(Eingegangen 24. November 1903.)

Über die Frage der Widerstandsänderung von wässerigen Salzlösungen durch Bestrahlung.[1])

Von Kurt Regner.

In den Proceedings of the Cambr. Phil. Soc. 11, 1902 hat Herr Cunningham eine Arbeit „On an attempt to detect the ionisation of solutions by the action of light and Röntgen rays" veröffentlicht. Seine Untersuchungen haben für Bestrahlung mit einem an ultravioletten Strahlen reichen Lichtbogen eine äusserst geringe Vermehrung der Leitfähigkeit ergeben: sie lag stets unter 1 Proz., scheint aber immer-

1) Auszug aus der Greifswalder Dissertation vom Sommersemester 1903.

hin bemerkbar, wenn auch nicht zuverlässig messbar gewesen zu sein. Stärkere Wirkungen wurden mit Röntgenstrahlen erhalten; bei einer konzentrierten Lösung von Hofmanns Violett ergab sich z. B. eine Zunahme der Leitfähigkeit von 3,7 Proz., bei verdünnter Lösung von Hofmanns Violett betrug die Zunahme 3,44 Proz., bei solcher von kolloidalem Silber 0,8 Proz. und bei ammoniakalischer Silberchloridlösung 0,25 Proz.

Da Untersuchungen, mit denen ich in der gleichen Richtung zur Zeit des Erscheinens der genannten Arbeit beschäftigt war, zu durchaus abweichenden Resultaten geführt haben, so sei es gestattet, über meine Arbeit hier in Kürze zu berichten.

Die Versuchsanordnung ist in der Hauptsache die gleiche wie bei Herrn Cunningham gewesen. Vor allem wurden die Lösungen stets in Schichten von solcher Dünne angewendet, dass die betreffende Strahlung die ganze Flüssigkeitsschicht in noch merklicher Weise durchdrang. Der Widerstand wurde mit der Wheatstoneschen Brücke, und zwar — abweichend von der Anordnung des Herrn Cunningham — mit Induktorium und Telephon gemessen. Es wurde vor allem darauf geachtet, ein möglichst scharfes Minimum zu erhalten, und da sich dies bei Verwendung von Rheostaten zu Vergleichswiderständen als unerreichbar ergab, sobald die Elektroden sehr klein und ihr Abstand sehr gering war, so wurden in solchen Fällen Flüssigkeitszellen von annähernd derselben Beschaffenheit, wie die zu bestrahlende Zelle, als Vergleichswiderstände verwendet. Die erreichte Genauigkeit war in allen Fällen so, dass eine Widerstandsänderung von 0,1 Proz. noch mit Sicherheit hätte gemessen werden können.

1. Bei meinen Versuchen mit ultraviolettem Lichte diente als Strahlenquelle eine Handbogenlampe, in deren positive Kohle ein starker Aluminiumstift eingesetzt war. Das Vorhandensein einer starken ultravioletten Strahlung von den Eigenschaften, wie sie Lenard beschrieben hat[1]), wurde durch die Wirkung des Bogenlichts auf einen Dampfstrahl nachgewiesen. Die Messzelle stand 7—8 cm von der Bogenlampe, dazwischen ein Metallschirm mit Quarzfenster. Um die direkte Wärmewirkung des Lichtbogens auf die zu untersuchende Flüssigkeitsschicht möglichst zu eliminieren, liess ich die betreffende Lösung andauernd durch die Zelle strömen. Zu dem Zwecke, und weil schon sehr dünne Schichten vieler Flüssigkeiten die Strahlen völlig absorbieren, also nur dünnste Schichten untersucht werden durften, war das Messgefäss folgendermassen eingerichtet worden: Eine rechteckige, 0,5 mm starke Quarzplatte und eine ebensolche Glasplatte wurden an den kurzen Seiten des Rechteckes so zusammen gekittet, dass zwischen ihnen ein Schlitz von 0,13 mm Weite entstand. In den Boden eines Gefässes wurde ein Spalt geschnitten, und in diesen jenes schlitzartige Hohlgefäss genau passend eingekittet. Aus einer Mariotteschen Flasche strömte in das so hergerichtete Gefäss die Lösung herein, unten, durch den Schlitz im Boden wieder hinaus und in ein anderes hinein, das schon vollständig mit derselben Lösung gefüllt und so aufgestellt war, dass der Flüssigkeitsspiegel gerade den unteren Rand des Schlitzes berührte. Aus diesem Gefäss wurde die Lösung dann durch einen genau abgepassten Heber derart abgesaugt, dass der Flüssigkeitsspiegel konstante Höhe behielt. In dem oberen Gefäss befand sich die eine und im unteren die andere Elektrode, die beide aus platinierten Platinnetzen bestanden. — Da ein eventueller Effekt am ersten bei solchen Lösungen zu erwarten war, die eine im Verhältnis zur Anzahl der bereits dissoziierten Moleküle möglichst grosse Zahl noch undissoziierter Moleküle enthalten, so wurden gesättigte Kochsalzlösung und gesättigte Sublimatlösung untersucht; bei keiner von beiden aber war ein Einfluss der Bestrahlung auch nur andeutungsweise nachzuweisen, so dass die Widerstandsänderung jedenfalls 0,1 Proz. nicht erreicht.

2. Für die Untersuchungen mit Röntgenstrahlen wurde folgende Form der elektrolytischen Zelle gewählt: Ein Paraffinblock enthielt in zwei Höhlungen die Elektroden, die aus platiniertem Platinblech bestanden. Die Wand zwischen jenen Höhlungen war etwa nur $^2/_3$ so hoch als die übrigen Seitenwände, und ihre Oberfläche sorgfältigst geebnet. Über dieses Paraffingefäss wurde eine 2 mm dicke Bleiplatte gelegt, die in der Mitte einen rechteckigen Ausschnitt besass, so dass von oben auffallende Strahlen gerade die Oberfläche der niedrigen Zwischenwand treffen mussten. Indem man nun diesen so eingerichteten und horizontal aufgestellten Trog verschieden hoch mit dem zu untersuchenden Elektrolyten füllte, konnte man über der Zwischenwand eine beliebig dicke Flüssigkeitsschicht erhalten, die der Strahlung ausgesetzt wurde. Um mit dem Telephon arbeiten zu können, war es nötig gewesen, den Primärstrom in einem abgelegenen Zimmer durch einen kleinen Motorinterruptor unterbrechen zu lassen, und den Induktor nebst Röntgenröhre und Messzelle im Nebenzimmer aufzustellen. — Bei der Auswahl der zu untersuchenden Lösungen wurde darauf Rücksicht genommen, dass die Absorption der Röntgenstrahlen mit dem Atomgewichte des absorbierenden Körpers wächst[1]):

1) Ph. Lenard, Ann. d. Phys. 1, 486, 1900.

1) Lord Blythwood und Marchant, Proc. Roy. Soc. **65**, p. 413—428, 1899; Hébert und Regnaud, Compt. rend. **132**, 408—410, 1901; Benoist, Compt. rend. **132**, 324—327 etc. etc.

Ist also mit der Absorption eine Änderung der Leitfähigkeit verbunden, so wird sie bei denjenigen Körpern am grössten sein, die die höchsten Atomgewichte besitzen. Allerdings spricht vielleicht die Thatsache, dass die Absorption durch chemische Verbindungen sich rein additiv aus derjenigen zusammensetzt, welche die Grundstoffe ausüben, überhaupt gegen eine solche Änderung; aber, da Herr Cunningham speziell für Röntgenstrahlen eine Zunahme der Leitfähigkeit konstatiert hatte, so wurden folgende wässrigen Lösungen untersucht:

Substanz	$NaCl$	$MgCl_2$	$MgSO_4$	$CaCl_2$	$CuCl_2$	$BaCl_2$	$HgCl_2$	$Pb(NO_3)_2$	$UO_2(NO_3)_2$
Konzentration	gesättigt	$^1/_1$ normal		$^1/_1$ normal	gesättigt	gesättigt	gesättigt	gesättigt	Leitfähigkeit $\times 10^6$ 443,459
Atomgewicht d. Metalles	23	24		40	63	137,4	200	206,9	239,5

Ferner wurden konzentrierte und verdünnte Lösungen von Hofmanns Violett und solche von Eosin untersucht. — Bei keiner dieser Lösungen konnte eine durch den Einfluss von Röntgenstrahlen hervorgerufene Widerstandsänderung beobachtet werden, die 0,1 Proz. erreicht hätte.

Um zu prüfen, wodurch die abweichenden Resultate des Herrn Cunningham veranlasst sein könnten, wurden die Versuche nun mit folgenden Abänderungen ausgeprobt: Der Abstand der Röhre von der bestrahlten Flüssigkeitsschicht wurde von 8,3 auf 2,5 cm verringert, der Motor- durch einen Wehnelt-Unterbrecher ersetzt, und auch Röhren verschiedener Härten verwendet. Ferner wurde die gegenseitige Lage von Stromrichtung in der Zelle und Röhrenachse in mannigfaltiger Weise durch Drehen der Röhre in horizontaler und in normaler Ebene verändert, aber alle diese Massregeln führten keine Änderung der ersten negativen Resultate herbei. Man konnte noch vermuten, dass die Sekundärstrahlung, welche die Ebonitplatte aussendet, hinter welcher sich bei den von Herrn Cunningham angestellten Versuchen die zu bestrahlende Flüssigkeitsschicht befand, für das Auftreten einer Widerstandsänderung wesentlich wäre; es wurde daher ein dünnes Hartgummiblatt auf die bestrahlte Schicht gelegt und nochmals vor allem Hofmann's Violett untersucht, doch wiederum ohne Erfolg. — Um Fehler auszuschliessen, die daraus entstehen könnten, dass der durch die Messzelle fliessende und das Telephon erregende Wechselstrom nicht in der gleichen Weise pulsiert wie der, welcher die Röntgenröhre speist, wurde ein und derselbe Primärstrom zur Erzeugung beider Wechselströme benutzt. An das zum Betriebe der Röhre dienende Induktorium wurde zu diesem Zwecke noch eine zweite Sekundärspule angesetzt, und deren Enden nach den Verzweigungspunkten der Brückenschaltung geführt. Bei dieser Anordnung konnte erklärlicherweise nur mit Wehnelt-Unterbrecher gearbeitet werden, da mit anderen Unterbrechern im günstigsten Falle nur ein tiefer, also schwer zu unterscheidender Basston zu vernehmen war. Es wurden abermals untersucht Lösungen von $UO_2(NO_3)_2$, $NaCl$, $CaCl_2$, $BaCl_2$ und besonders solche von Hofmanns Violett, doch konnten wiederum nur negative Resulte festgestellt werden. —

3. Von den Kathodenstrahlen war am ehesten anzunehmen, dass die durch ihren Einfluss hervorgerufene Ionisation eine merkliche Änderung der Leitfähigkeit zur Folge haben könnte, denn auf Gase wirken sie in dreihundertmal kräftigerer Weise ionisierend als die stärksten X-Strahlen.[1]) Zur Erzeugung der Kathodenstrahlen diente ein Des-Coudressches Rohr, dessen Fenster aus 0,003 mm dicker Aluminiumfolie bestand, und das mit einem Transformator nach Des Coudres' Angaben[2]) betrieben wurde. Die elektrolytische Zelle wurde folgendermassen hergestellt: In eine Paraffintafel schnitt ich zwei kleine viereckige Löcher, welche die 24 mm² grossen Elektroden aufnahmen. Die 0,57 cm lange und 0,48 cm breite Wand zwischen den Löchern wurde ca. 1 mm tiefer als die Seitenwände, und ihre Oberfläche sorgfältig eben gemacht. In dieses kleine Gefäss brachte ich einige Tropfen der zu untersuchenden Lösung und saugte dann wieder mit Fliesspapier vorsichtig so viel ab, dass die Flüssigkeit gerade bis zur Höhe der Zwischenwand reichte. Dann legte ich auf diese Wand ein Stückchen Seidenpapier, das mit der zu untersuchenden Lösung getränkt war. Der Widerstand dieser Seidenpapierschicht betrug bei Anwendung normaler KCl-Lösung 1813 Ohm. Aus diesem Werte, aus der Länge und Breite der Seidenpapierschicht und aus der Leitfähigkeit der Lösung lässt sich berechnen, dass die in dem Seidenpapier enthaltene Flüssigkeit einer Schicht von 0,007 mm Dicke entsprechen würde. Dass eine solche Schicht von den Kathodenstrahlen noch merklich durchsetzt wurde, ergaben direkte Versuche, sowie die Rechnung, wenn man das von Lenard[3]) für feste und gasförmige Körper aufgestellte Absorptionsgesetz auf diese Flüssigkeitsschichten anwendet. — Als Vergleichswiderstand wurde ein Gefäss verwendet, welches möglichst der Messzelle glich, und ähnlich wie bei den vorher beschriebenen Versuchen wurde auch hier alles durch Geräusch Störende im Nebenzimmer untergebracht. Untersucht wurden konzentrierte Lösungen von $NaCl$, KCl, $BaCl_2$, $UO_2(NO_3)_2$ und Eosin. Keine

1) J. C. Mac Lennan, Proc. Roy. Soc., London **68**, 375—379, 1900.
2) Wied. Ann. **62**, 134, 1897.
3) Wied. Ann. **56**, 274, 1895.

dieser Lösungen zeigte eine Widerstandsänderung, die 0,1 Proz. erreicht hätte.

4. Im Anschluss an die oben beschriebenen Versuche wurde noch die Frage geprüft, ob die Leitfähigkeit fluoreszierender Lösungen während der Fluoreszenz eine andere ist als im nichtleuchtenden Zustande. Die Messzelle bestand diesmal aus einem kleinen Troge, dessen der Lichtquelle zugekehrte Seitenfläche eine 0,5 mm starke Quarzplatte war. Der Trog hatte 10 mm Höhe, 60 mm Länge und 1,6 mm Tiefe; er enthielt die horizontal liegenden Platinelektroden (von je etwa 90 mm^2 Fläche), die sich in 2 bis 4 mm Abstand voneinander befanden. Um die direkte Wärmewirkung der Lichtquelle auf die bestrahlte Flüssigkeitsschicht des Troges auszuschliessen, liess ich die betreffende Lösung an einem Ende des Troges aus einer Mariotteschen Flasche durch eine Kapillare zwischen die Elektroden einströmen und saugte sie am anderen Ende durch eine zweite Kapillare, die mit einem Heber verbunden war, wieder ab, und zwar erneuerte sich die bestrahlte Flüssigkeitsmenge etwa zweimal pro Sekunde. — Als Lichtquelle diente eine Handbogenlampe. Die Strahlen wurden durch zwei geeignet aufgestellte Quarzlinsen auf die Flüssigkeitsschicht konzentriert; zwei Schirme, die auf die Quarzplatte geklebt wurden, schützten die Elektroden vor Licht und gestatteten nur die Bestrahlung der zwischen den Elektroden befindlichen Flüssigkeitsmenge. Untersucht wurden Lösungen von Fluoreszein und Eosin, und zwar sowohl konzentrierte als verdünnte. Sie wurden bei rotem Lichte hergestellt, sofort in die betreffenden Gefässe gebracht und alsdann belichtet, wobei die als Vergleichswiderstand dienende Flüssigkeitszelle sorgfältig vor Licht geschützt war. Bei keiner dieser Lösungen konnte eine Änderung der Leitfähigkeit festgestellt werden, die 0,1 Proz. betragen hätte.

(Eingegangen 18. November 1903.)

Historische Notiz zur Wasserzersetzung.

Von Edm. Hoppe.

Wie ich soeben in einem Referat über die Naturforscherversammlung in Kassel lese, hat Herr Neuburger in der geschichtlichen Abteilung einen Vortrag gehalten, in welchem er (nach dem Referat) sagt, „bis heute habe man geglaubt, Davy habe den ersten Nachweis erbracht, dass das Wasser nur in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt werde und dass die Säurebildungen einerseits und die Alkalibildungen andererseits von Verunreinigungen herrühren. Dieser Nachweis sei aber schon vor ihm von Simon in Berlin erbracht." Demgegenüber bemerke ich, dass in meiner Geschichte der Elektrizität (1884) bereits ganz ausführlich die Simonsche Arbeit auf S. 161 gewürdigt ist. Wer also diese Geschichte gelesen hat, kann nicht der Meinung gewesen sein, dass Davy der Entdecker gewesen ist. In derselben Geschichte habe ich aber auch nachgewiesen, dass die vor Simon mit der Wasserzersetzung beschäftigten Engländer Nicholson und Carlisle, welche im Mai 1800 die Wasserzersetzung studierten, einen Vorgänger hatten, der nicht nur das gleiche wie jene, sondern viel mehr entdeckte, das war Ritter in Jena. Ritter hat bereits im Jahre 1799, also ein volles Jahr vor dem bekannten Briefe Voltas vom 20. März 1800, worin Volta seine Säule und seinen Becherapparat beschreibt, und der die Veranlassung für die englischen Untersuchungen und viele andere wurde, nicht nur die Wasserzersetzung, sondern auch eine ganz leidlich mit den heutigen Vorstellungen vereinbare Theorie gefunden! (Gilb. Annal. **2**, S. 80, 1799). Im folgenden Jahre gab Ritter dann „Beiträge zur näheren Kenntnis des Galvanismus" heraus, in deren erstem Bande S. 111—284 alles das auseinandergesetzt wird, was nach ihm Davy, Simon, Nicholson und Carlisle nachentdeckt haben. Speziell hat er Wasserstoff und Sauerstoff einzeln aufgefangen und rein erhalten, und durch Verpuffen des in ein gemeinsames Gefäss geleiteten Gemisches beider Gase das Wasser wiedergewonnen, welches er zersetzt hatte. Er spricht auch zuerst den Satz aus, dass das Wasser nur die beiden Gase liefere. Daneben hat er in demselben Werke bereits die ganze Reihe der Metallfällungen aus Lösungen, ehe Cruikshank einmal an die Arbeit ging. Er ist der erste, der die Dendriten erzeugte, und zwar einen Kupferbaum. Ritter ist es, der bereits 1798 die Thatsachen veröffentlichte, welche später Volta fand und zur Grundlage seines Spannungsgesetzes machte. Alles dies ist von mir bereits 1888 veröffentlicht und vollständig mit Quellenangaben nachzulesen in meinem Buche: Die Akkumulatoren für Elektrizität. 3. Aufl. 1898, S. 2—18, nachdem ich in der Elektr. Zeitschrift bereits auf Ritter aufmerksam gemacht hatte. Auch W. Ostwald hat in einem Vortrage vor der Elektrochemischen Gesellschaft zu Berlin im Jahre 1894 Ritters Verdienste hervorgehoben (Elektr. Zeitschr. 1894, S. 569), aber auch anerkannt, dass ich bereits früher Ritters Priorität wieder ans Tageslicht gezogen habe (ib. S. 633). Hat Gilbert bereits 1801 sein Erstaunen ausgesprochen, dass die Engländer solch Aufhebens von ihren Entdeckungen machten, sie schienen von den Leistungen eines Ritter gar keine Kenntnis zu haben, so scheint dasselbe Erstaunen noch heute berechtigt zu sein, aber sich auch auf die Deutschen zu erstrecken.

Hamburg, 7. November 1903.

(Eingegangen 10. November 1903.)

Notiz über die chemische Wirkung der Röntgenstrahlen.

Von R. Luther und W. A. Uschkoff.

Gelegentlich einer Untersuchung über die chemische Wirkung von Röntgenstrahlen auf verschiedene lichtempfindliche Präparate, unter anderen auch Bromsilber, versuchten wir den etwaigen Einfluss der Gelatine dadurch auszuschliessen, dass wir vollkommen bindemittelfreie Bromsilberplatten[1]) verwendeten. Aus den Versuchen, die noch fortgesetzt werden, sei zunächst nur das qualitative Resultat mitgeteilt, dass derartige vollkommen bindemittelfreie Bromsilberplatten nach genügend langem Bestrahlen mit Röntgenstrahlen ein entwickelbares Bild der verwendeten Bleischablone ergeben. Ob in diesem Falle die Fluoreszenz des Glases eine Rolle spielt, werden weitere Versuche ergeben.

Bei vergleichenden Versuchen mit Bromsilbergelatine (Platten und Papier) stiessen wir auf eine Beobachtung, deren Mitteilung insofern Interesse verdient, als sie für Bromsilbergelatine im gewissen Sinne ein entgegengesetztes Verhalten darthut, im Vergleich zu dem von Zehnder[2]) kürzlich beschriebenen Verhalten von Chlorsilberpräparaten.

Bei dem enormen Umfang der Röntgenlitteratur können wir natürlich nicht garantieren, dass die weiter unten beschriebenen Beobachtungen neu sind. In der uns zur Verfügung stehenden Litteratur konnten wir indes nichts Analoges finden, und auch in der Zehnderschen Abhandlung ist kein analoger Fall citiert.

1. Es wurde die Beobachtung gemacht, dass ein ziemlich lange, aber noch nicht bis zur Sichtbarkeit exponiertes Röntgenbild auf Bromsilbergelatinepapier[3]) durch nachträgliches Belichten des ganzen Papieres mit diffusem Tageslicht hervorgerufen wird. Selbst bei sehr langem Verweilen (mehrere Tage ca. 2 Meter vom Nordfenster) in diffusem Tageslicht, wenn das ganze Papier schon eine tiefgraue Farbe besitzt, treten die vorher röntgenbestrahlten Stellen immer noch etwas dunkler hervor.

Die späteren Versuche wurden in der Weise ausgeführt, dass Bromsilberpapier in einer geschlossenen Holzkassette unter einem Bleischirm mit streifenförmiger Öffnung 5 bis 40 Minuten in einem Abstand von etwa 20 cm von der Röntgenröhre der Einwirkung von Röntgenstrahlen ausgesetzt wurde.[4]) Das so entstandene latente Röntgenbild wurde streifenweise verschieden lange Zeit dem diffusen Tageslicht ausgesetzt. Fig. 1 stellt schematisch ein derart behandeltes Papier dar; R—R deutet die Lage des Ausschnittes im Bleischirm an.

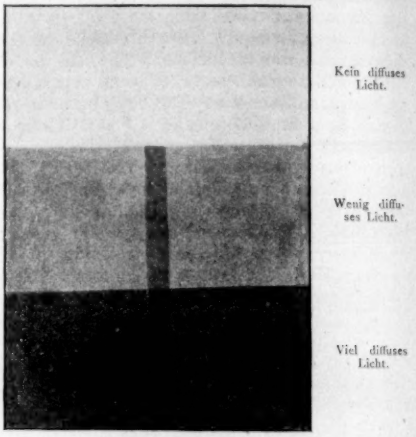

Fig. 1.

2. Ähnliche, wenn auch nicht so deutliche Resultate erhielten wir mit Bromsilbergelatineglasplatten.

3. Da im Versuch 1 das latente Röntgenbild durch diffuses Tageslicht hervorgerufen wird, machten wir einen Parallelversuch, um zu sehen, ob nicht umgekehrt durch nachträgliche Einwirkung von Röntgenstrahlen ein latentes Lichtbild entwickelt, resp. ein sichtbares Bild verstärkt wird. Der Versuch wurde wie 1., nur in umgekehrter Reihenfolge ausgeführt: ein streifenweise mit steigenden Lichtmengen vorbelichtetes Papier wurde nachträglich in einer Kassette unter einer Bleischablone der Einwirkung von Röntgenstrahlen ausgesetzt. Das Resultat war negativ: Selbst bei sehr langer Einwirkung von Röntgenstrahlen erschien kein Bild der Bleischablone.

4. Da der Versuch 1 eventuell durch die Existenz einer Empfindlichkeitsschwelle des Auges, also auf rein physiologischem Wege erklärt werden kann, so machten wir zum Überfluss noch den Versuch, dass wir auf dem Papier mit gewöhnlichem Licht einen eben sichtbaren Längsstreifen erzeugten und denselben senkrecht dazu wieder mit steigenden Mengen gewöhnlichen Lichtes nachbelichteten. Eine Steigerung des Kontrastes tritt nicht ein: im Gegenteil verschwindet bei etwas längerer Nachbelichtung der Streifen sehr bald im allgemeinen Grau.

1) Über die Herstellung vergl. R. Luther, Zeitschr. physik. Chem. **30**, 632, (1899).

2) Ann. d. Phys. **12**, 443, 1903.

3) N. P. G. Sorte II.

4) Zur angenäherten Charakterisierung sei mitgeteilt, dass unser Röntgenapparat auf einer „Momentplatte“ (Marke Winter) bei ca. 90 cm Abstand bei einer Einwirkungsdauer von 1′ ein eben noch entwickelbares Bild eines auf die Kassette gelegten Bleistreifens ergab. Bei längeren Versuchen wurde die Röntgenröhre alle 3—5 Minuten durch Erwärmen regeneriert.

Aus dem Vorstehenden geht hervor, dass die Wirkung der Röntgenstrahlen von der des gewöhnlichen Lichtes spezifisch verschieden ist, und dass durch vorangehende Einwirkung von Röntgenstrahlen die „sichtbare" Lichtempfindlichkeit von Bromsilbergelatine bedeutend erhöht wird.

Wir gingen dazu über, das Verhalten eines Röntgenbildes bei sehr kurzer Nachbelichtung zu untersuchen, denn es schien a priori nicht unmöglich, dass man eine unterexponierte Röntgenaufnahme durch nachträgliches, sehr kurzes Belichten mit gewöhnlichem Licht entwickelungsfähiger machen könnte, resp. dass man durch vorangehende sehr kurze Einwirkung von Röntgenstrahlen eine Trockenplatte für gewöhnliches Licht „sensibilieren" könne. Diese Vermutung bestätigte sich nicht, aber bei den diesbezüglichen Versuchen erhielten wir einige unerwartete Resultate.

Die Versuche wurden zumeist derart ausgeführt, dass die Bromsilbergelatineschicht sowohl unter einem (Vogelschen) Seidenpapierphotometer mit gewöhnlichem Licht (Auerbrenner), wie auch unter einem Aluminiumstufenphotometer (analog dem Vogelschen) der Einwirkung der Röntgenstrahlen ausgesetzt wurden. Zwischen je zwei Stufen des Seidenpapierphotometers wurde ein Streifen schwarzen Papiers, zwischen je zwei Stufen des Aluminiumblechphotometers wurde ein Bleistreifen geschaltet, um für Kontrolle Stellen zu haben, die überhaupt keine Einwirkung von Strahlen erfahren hatten.

Es wurden die Intensität und Belichtungsdauer sowohl des gewöhnlichen Lichtes, wie der Röntgenstrahlen variiert, vor allem aber auch die Reihenfolge der Bestrahlungen. Zum Schluss wurden die Platten resp. Papiere in üblicher Weise entwickelt und fixiert. Das Schema einer derartigen Platte zeigt Fig. 2, wo die Richtung der Pfeile die wachsende Intensität der Röntgenbilder R_1, R_2, ... und der Lichtbilder L_1, L_2, .. andeutet. Die mit einem o versehenen Rechtecke haben überhaupt keine Bestrahlung, die mit einem + versehenen sowohl Röntgenstrahlen, wie auch gewöhnliches Licht erhalten. [1])

Es stellte sich alsbald heraus, dass auch bei diesen Versuchen die Reihenfolge der Einwirkungen von Röntgenstrahlen und Licht eine sehr wesentliche Rolle spielt.

5. Wenn die Trockenplatte zuerst mit gewöhnlichem Licht, dann mit Röntgenstrahlen belichtet wurde, trat einfache Summation der Schwärzungen auf: die von beiden Strahlenarten belichteten Rechtecke (+ Fig. 2) waren

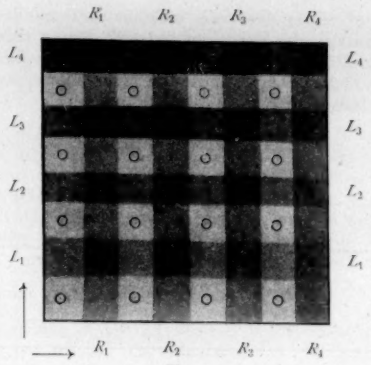

Fig. 2.

sowohl dunkler als die angrenzenden Röntgenbilder, als auch die angrenzenden Lichtbilder. Bezeichnet man die von Röntgenstrahlen allein hervorgerufene „Schwärzung" oder „Dichtigkeit" [1]) (nach Hurter und Driffield) mit R, die vom gewöhnlichen Licht hervorgerufene mit L, so ist die Dichtigkeit bei gemeinsamer Einwirkung bei der obigen Reihenfolge:

$$D_{L \to R} \text{ sehr angenähert } = R + L.$$

6. Zur Kontrolle machten wir Versuche, bei denen Platten in ähnlicher Weise nacheinander unter zwei Seidenpapierphotometern mit gewöhnlichem Lichte resp. unter zwei Aluminiumphotometern mit Röntgenstrahlen behandelt wurden. In beiden Fällen trat einfache Summation auf, d. h. es gelten angenähert die Formeln $D_{L_1 \to L_2} = L_1 + L_2$ und $D_{R_1 \to R_2} = R_1 + R_2$.

Die Versuche 5 und 6 beweisen, dass wir mit unseren Expositionen noch nicht das Solarisationsgebiet erreicht hatten, sondern uns noch im Gebiet der normalen Entwickelung befanden.

7. Wesentlich anders ist die Erscheinung, wenn die Platte zuerst der Einwirkung der Röntgenstrahlen ausgesetzt wird und dann erst dem gewöhnlichen Lichte. Die von beiden Strahlenarten getroffenen Rechtecke sind dann stets heller als die entsprechenden bei gleicher Licht- und Röntgenstrahlenmenge gewonnenen des Versuches 5. Sie sind stets dunkler als die angrenzenden Röntgenbilder. Sie sind ferner bald dunkler, häufig aber auch heller als die angrenzenden nur von Licht getroffenen Felder. Im letzteren Falle tritt also eine Erscheinung auf, die äusserlich der Solarisation ähnlich ist. Wann dies eintritt und wann nicht, hängt von der Intensität der Röntgenschwärzung und der Lichtschwärzung ab. An der

1) Um von einer eventuellen selektiven „Filtration" der Röntgenstrahlen durch Aluminium frei zu sein, wurden bei einer grossen Anzahl von Versuchen die steigende Intensität der Röntgenbilder durch zunehmende Belichtungsdauer erzeugt.

1) Die „Schwärzung" resp. die „Dichtigkeit", d. h. die Differenz der Logarithmen der eindringenden und durchgelassenen Lichtstärke, ist nach Hurter und Driffield direkt proportional der Silbermenge pro Flächeneinheit.

Hand einer Formel, welche zum mindesten qualitativ das Verhalten darstellt, lassen sich die Verhältnisse diskutieren. Benutzen wir die bei Versuch 5 angewandte Bezeichnungsweise, so ist (angenähert)

$$D_{R \to L} = R + \frac{L}{1 + a R'}$$

wo a eine Konstante ist. Diese Formel drückt aus, dass sich zur „Dichtigkeit" des Röntgenbildes ein um so kleinerer Bruchteil der Dichtigkeit des Lichtbildes hinzu addiert, je grösser die Dichtigkeit des Röntgenbildes ist. Für $L = \frac{1}{a} + R$ ist die Dichtigkeit des gemeinsamen Bildes $D_{R \to L} = L$, d. h. gleich der Dichtigkeit des benachbarten Lichtbildes. Ist L von $\frac{1}{a} + R$ verschieden z. B. $= b\left(\frac{1}{a} + R\right)$, so ist $D_{R \to L} - L = R\,(1 - b)$ d. h. für relativ geringe Lichtstärken ($b < 1$) ist $D_{R \to L} - L$ positiv und das gemeinsame Feld erscheint dunkler, als das benachbarte Lichtfeld. Für relativ grosse Lichtstärken dagegen $b > 1$ ist die Differenz $D_{R \to L} - L$ negativ; mit anderen Worten das von beiden Strahlenarten getroffene Feld entwickelt sich heller, als die angrenzenden nur vom Licht getroffenen Rechtecke.

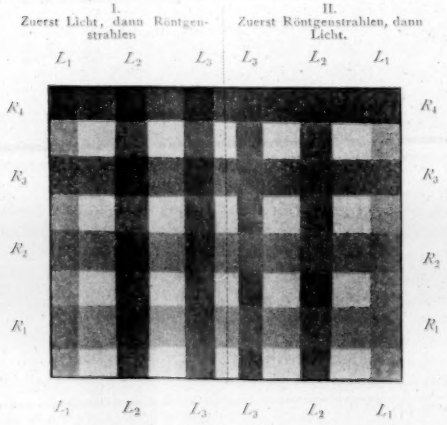

Fig. 3.

Fig. 3 zeigt die Reproduktion einer Platte, welche gleichzeitig die Resultate der Versuche 5 und 7 enthält. Es wurde hierbei zunächst die Seite I unter dem Seidenpapierphotometer mit gewöhnlichem Licht bestrahlt, wobei die Seite II mit schwarzem Papier bedeckt war. Darauf wurde die ganze Platte unter dem Aluminiumphotometer mit den Röntgenbildern R_1 R_2 ... versehen. Endlich wurde — während die Seite I bedeckt war — die Hälfte II unter dem Seidenpapierphotometer belichtet. Korrespondierende Stellen zur Linken und Rechten der punktierten Mittellinie haben gleichviel Licht resp. Röntgenstrahlen erhalten. Die Plattenhälfte I entspricht dem Versuch 5, II dem Versuch 7. Die Unterschiede der beiden Plattenhälften sind nur durch die verschiedene Reihenfolge von Belichtung und Röntgenisierung bedingt.

8. Mit Bromsilbergelatinepapier erhält man ganz analoge Erscheinungen, wie sie unter 5 und 7 beschrieben wurden, nur sind die Unterschiede weit kleiner. Dies bedeutet, dass der Faktor a der obigen Formel beim Bromsilberpapier einen viel kleineren Wert hat als bei „Moment"-trockenplatten. Der Faktor a scheint im allgemeinen um so grösser zu sein, je lichtempfindlicher das betreffende Bromsilbergelatinepräparat ist.

Fassen wir die Resultate dieser Versuche zusammen, so können wir sagen:

1. Die Wirkung der Röntgenstrahlen auf Bromsilbergelatine ist spezifisch verschieden von der des gewöhnlichen Lichtes.

2. Durch vorangehende (selbst sehr kurze) Einwirkung von Röntgenstrahlen wird Bromsilbergelatine in ihrem Verhalten gegenüber gewöhnlichem Lichte verändert und zwar tritt je nach den Umständen eine scheinbare Vergrösserung (Versuche 1, 2) oder eine scheinbare Verringerung (Versuche 7, 8) der Lichtempfindlichkeit ein.

3. Vorangehendes Belichten mit gewöhnlichem Lichte übt keinen Einfluss auf das Verhalten von Bromsilbergelatine gegenüber Röntgenstrahlen aus.

Über die Ursache der Erscheinung enthalten wir uns zunächst jeder Deutung. Vielleicht werden die noch im Gange befindlichen Versuche einige Aufklärung schaffen.

Leipzig, Phys.-Chem. Inst. Sept. 1903.

(Eingegangen 27. November 1903.)

Zu den Versuchen des Herrn Blondlot über N-Strahlen.

Von H. Zahn.

Herr Blondlot hat eine neue Art von Strahlen beschrieben[1]), die er N-Strahlen nennt, und die nach seiner Darstellung ausserordentlich leicht nachweisbar sein sollen. Eine Bestätigung seiner Versuche von anderer Seite ist mir nicht bekannt geworden. Dieselben sind

1) Diese Zeitschr. **4**, 596—601, 1903; Comptes rendus **138**, 735 ff. 1903; Journal de Phys. 4e serie, p. 481, 549, 1903.

zwar mehrfach wiederholt worden, doch bisher ohne Erfolg.[1]) Auch meine in dieser Hinsicht angestellten Versuche haben nur zu negativen Resultaten geführt, und ich könnte daher von einer Veröffentlichung derselben absehen, wenn ich nicht glaubte, dass die von mir angewendete Beobachtungsmethode objektiver und empfindlicher war als die von Herrn Blondlot angegebene.

Herr Blondlot hat bekanntlich die Existenz der N-Strahlen, die von einer grossen Anzahl von Strahlungsquellen ausgehen sollen, durch ihre Wirkung auf eine kleine Funkenstrecke nachgewiesen. Später hat er die Funkenstrecke durch eine sehr kleine blaue Flamme ersetzt, die zum Nachweis der Strahlen noch empfindlicher sein soll.[2]) Wenn dieses Flämmchen von N-Strahlen getroffen wird, so soll es ganz beträchtlich heller und weisslicher leuchten, wie dies Herr Blondlot auch durch Photographieren eines von N-Strahlen getroffenen bezw. eines vor denselben geschützten Flämmchens gezeigt hat.[3]) Im allgemeinen jedoch hat Herr Blondlot die subjektive Beobachtung mit dem Auge angewendet, wobei er zur besseren Beurteilung der Helligkeitsunterschiede eine Mattscheibe vor die Flamme setzte. Ich habe nun versucht, diese Intensitätsschwankungen durch die Widerstandsänderungen einer von dem Flämmchen beleuchteten Selenzelle nachzuweisen, doch ist mir dies, wie bereits gesagt, nicht gelungen.

Die Anordnung war folgende. Ein Auerbrenner war ganz auf die nämliche Weise in Eisenblech eingekleidet, wie dies Herr Blondlot beschrieben hat. Vor dem Blechgehäuse war in Richtung des Fensters eine optische Bank aufgestellt, auf welcher eine Quarzlinse sowie das mit der Selenzelle zusammen auf einem Stativ befestigte Flämmchen ganz leicht verschoben werden konnten. Über das Stück der optischen Bank, auf dem die Selenzelle verschoben wurde, war eine grosse hölzerne Kiste gestellt. Dieselbe war inwendig zur Vermeidung von Reflexen mit schwarzem Papier ausgekleidet, auf der dem Auerbrenner zugekehrten Seite war sie mit 1 mm dickem Bleiblech beschlagen. In diese Wand war in Höhe des Fensters und des kleinen Flämmchens eine kreisrunde Öffnung von 9 cm Durchmesser geschnitten; dieselbe konnte zur Abhaltung der N-Strahlen durch eine ebenfalls mit Blei beschlagene Scheibe fallthürartig verschlossen werden. Auf der Innenseite dieser Wand war die Öffnung zum Schutze gegen Luftzug mit sehr dünnem, trockenem schwarzem Papier verschlossen, das ja nach Herrn Blondlot für diese Strahlen völlig durchlässig ist. Die Rückseite der Kiste war offen. Die Anordnung dürfte aus nachstehender Fig. 1 ersichtlich sein.

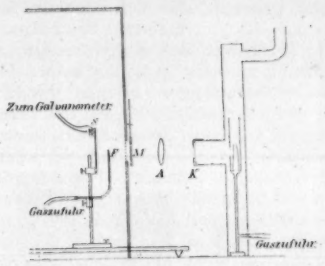

Fig. 1.

Die Quarzlinse besitzt eine Brennweite von 28 cm für weisses Licht, ihr Durchmesser ist ca. 7 cm, ihre grösste Dicke = 0,7 cm. Zur Erzielung eines scharfen Bildes konnten Metallblenden aufgesetzt werden.

Das Flämmchen F brannte auf einem 6 cm langen, 1 mm dicken Metallröhrchen; in dieses war oben ein 1 cm langer Draht eingelötet, der mit einem feinen Bohrer durchlocht und nadelförmig abgedreht war. Der mittlere Durchmesser der Öffnung betrug an der Spitze 0,12 mm. Zur Gaszuführung wurde Druckschlauch verwendet, um etwaige Klemmungen beim Verschieben zu vermeiden. Um von Druckschwankungen in der Gasleitung unabhängig zu sein, wurde das Flämmchen von einem eigenen Gasbehälter gespeist; durch passende Regulierung der Gaszufuhr konnte dasselbe ausserordentlich klein gemacht werden.

Die Selenzelle, von Kipp & Giltay, Delft, befand sich in einem Abstand von 4 cm hinter dem Flämmchen; ihr Dunkelwiderstand betrug ca. 6000 Ω. Die Widerstandsbestimmung wurde bei den Versuchen mit einem Differentialgalvanometer ausgeführt, dabei konnten, wenn nach längerer Zeit genügende Konstanz der Temperatur und Helligkeit eingetreten war, Widerstandsänderungen von 1 Ohm noch erkannt werden.

Die ganzen Versuche wurden natürlich in einem völlig verdunkelten, schwarz gestrichenen Raume vorgenommen. Galvanometer, Fernrohr mit Skala und Beleuchtung, Widerstandskasten befanden sich in einem mit schwarzen Tüchern behängten Verschlag, aus dem nur das Okular des Fernrohres herausragte. Der Rheostat wurde von einem ebenfalls im Verschlag befindlichen Gehilfen auf Zuruf bedient. Ein zweiter Gehilfe besorgte das Aufziehen des Verschlusses und das Verschieben des Flämmchens.

Die Ausführung der Versuche gestaltete sich

1) Diese Zeitschr. **4**, 732, 1903.
2) Diese Zeitschr. **4**, 600, 1903.
3) Journal de Phys. 4e serie, p. 483, 1903.

folgendermassen. Zunächst wurden mit Hilfe der leuchtenden Strahlen Fenstermittelpunkt und Flämmchen in die optische Achse der Linse gebracht. Dann wurde das Flämmchen in die Bildweite gebracht, die sich nach der Linsenformel mit dem von Herrn Blondlot angegebenen Brechungsindex 2,94[1]) des Quarzes — für N-Strahlen — für eine bestimmte Gegenstandsweite berechnete. Hierauf wurden die Öffnung G mit schwarzem Papier, das Fenster K ebenfalls mit solchem oder auch mit Aluminiumfolie lichtdicht verschlossen und die Scheibe M vor die Öffnung G gebracht. Dann wurde der Schieber der Selenzelle entfernt, und abgewartet, bis deren Widerstand nahezu konstant wurde. Eine völlige Konstanz war auch nach stundenlangem Warten nicht zu erreichen, doch verliefen dann die Schwankungen äusserst langsam, so dass eine rasch eintretende Widerstandsänderung, wie z. B. das Ziehen von 1 Ω Widerstand deutlich zu erkennen war. Wurde nun der Verschluss M gehoben, so dass die N-Strahlen auf F fallen konnten, so war ein Ausschlag zu erwarten. Ich habe jedoch nie einen solchen beobachten können, ebensowenig wie einen anderen Verlauf der kleinen Widerstandsschwankungen, wenn nun M weggezogen blieb. Auch das Verschieben des Flämmchens über grosse Strecken brachte, wenn es ruhig geschah, keine Schwankungen hervor.

Ich will kurz noch einige Andeutungen über die Empfindlichkeit der Methode geben, die natürlich nur Anspruch machen, die Grössenordnung ziemlich richtig zu treffen. Die Gesamtwiderstandsänderung der Selenzelle lag je nach der Grösse des verwendeten Flämmchens zwischen 400 und 800 Ω. Setzt man nach den Beobachtungen von Siemens[2]), Adams[3]), Obach[4]) die Änderung der Leitfähigkeit proportional der Wurzel aus der Intensität der Lichtquelle, so würde bei 400 Ω Gesamtänderung einer Widerstandsänderung von 1 Ω eine Intensitätsänderung von $^1/_{20}$ entsprechen. Nach neueren Untersuchungen von Herrn Ruhmer[5]) scheint diese Beziehung nur in sehr engen Grenzen zu gelten. Für ganz schwache Lichtintensitäten wächst bei den meisten von Herrn Ruhmer untersuchten Zellen die Änderung des Leitvermögens sogar nahe proportional der Lichtintensität, wonach sich die Empfindlichkeit meiner Anordnung noch wesentlich grösser taxieren lässt als oben berechnet. Eine Betrachtung der von Herrn Blondlot gegebenen Photographien lässt Intensitätsänderung von sicher über 100 Proz. erwarten; meine Methode muss also auch bei Annahme der ungünstigsten Möglichkeiten noch als hinreichend empfindlich erscheinen.

Auf diese Weise habe ich ausser dem Auerbrenner noch einen gewöhnlichen Gasrundbrenner auf N-Strahlen untersucht, ebenfalls ohne Erfolg. Bei diesen beiden Strahlungsquellen, ferner bei im Bunsenbrenner geglühten Blechen habe ich auch den von Herrn Blondlot zuerst angegebenen Nachweis mit der Funkenstrecke versucht, wobei ich allerdings direkt mit dem Auge und nicht mit der Selenzelle beobachtete. Da es mir nicht gelang, mit Hilfe einer kleinen Induktionsspule genügend konstante Funken zu erzeugen, so verwendete ich ein mittelgrosses Induktorium, das mit einem Stimmgabelunterbrecher betrieben wurde. Die Sekundärspule wurde durch einen Wasserwiderstand geschlossen; einem Teil desselben war die Funkenstrecke parallel geschaltet. Durch passende Verschiebung der Elektroden u_1 und u_2 (Fig. 2) konnte ich bei guter Konstanz einen ausserordentlich kleinen Funken erhalten.

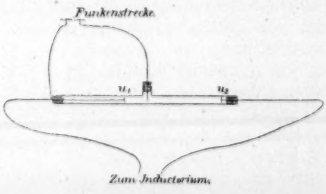

Fig. 2.

Die Funkenelektroden habe ich aus verschiedenen Materialien hergestellt, aus *Pt*, *Cu*, *Zn*, *Al*, Stahl, ausserdem habe ich dieselben in Spitzen- und Kugelform angewendet, ohne jedoch bei Bestrahlung eine Intensitätsänderung des Funkens beobachten zu können.

Der Nachweis der N-Strahlen ist mir somit nicht gelungen. Ich will damit in keiner Weise die Richtigkeit der Blondlotschen Versuche anzweifeln, sondern nur konstatieren, dass dieselben nicht so leicht zu wiederholen sind, als es bei der Lektüre der Blondlotschen Arbeiten den Anschein gewinnt. Ich glaube, dass Herr Blondlot einem vielseitigen Wunsche entsprechen würde, wenn er noch genauere Angaben über die Details seiner Apparate und Versuche mitteilen wollte.

Giessen, Physik. Institut der Universität.

(Eingegangen 22. November 1903.)

1) In der deutschen Übersetzung der Blondlotschen Arbeit — diese Zeitschr. **4**, 598, 1903 — hat sich ein Druckfehler eingeschlichen. Es muss nämlich S. 598 linke Hälfte der Seite, Zeile 20 v. u. heissen: „deren Brennweite für gelbes Licht 33 cm beträgt", während der Wert 12 cm auf der rechten Hälfte dieser Seite Zeile 8 v. o. statt 33 cm einzusetzen ist.

2) W. Siemens, Pogg. Ann. **156**, 334, 1875; Wied. Ann. **2**, 534, 1877.

3) Adams, Pogg. Ann. **159**, 629, 1876; Wiedemann, Elektrizität, 2. Aufl., **1**, 533, 1892.

4) Obach, Nature **22**, 496, 1880; Beibl. **5**, 139.

5) Diese Zeitschr. **3**, 470, 1902; daselbst jedoch nicht in dieser Form ausgesprochen.

Über geschichtete Entladung im Wasserstoff bei Atmosphärendruck.

(Vorläufige Mitteilung.)

Von Carl Stuchtey.

Herrn M. Töpler[1]) ist es unter Benutzung einer ziemlich komplizierten Anordnung gelungen, analog den Schichtenbildungen in gasverdünnten Räumen, auch geschichtete Entladungen in Luft bei Atmosphärendruck zu erhalten. Zu ähnlich geschichteten Entladungen unter Versuchsbedingungen, die mit den in Geisslerschen Röhren vorhandenen völlig identisch sind, kam ich bei meinen auf Veranlassung von Herrn Prof. Kaufmann unternommenen Untersuchungen über Glimmentladung bei Atmosphärendruck, wenn ich die Entladung in Wasserstoff übergehen liess.

Die Versuchsanordnungen ist kurz folgende (s. Fig. 1): Die Anode A besteht aus einem ca.

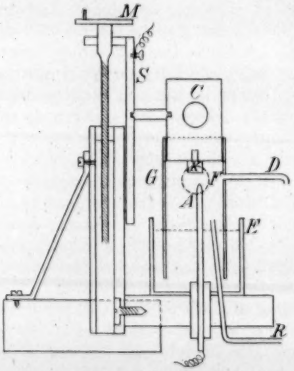

Fig. 1.

2 mm starken zugespitzten Kupferdraht, der durch den Boden des mit Quecksilber gefüllten Hartgummigefässes E in eine Glasröhre G eingeführt ist. Die Kathode K, ein ca. 5 mm langer und ca. 4 mm dicker Kupferstift, war eingeschraubt in einen Kupferblock C, der, ausgehöhlt, von Wasser durchflossen wurde. Letztere Vorsicht wurde gebraucht, um die Erwärmung der Kathode auf ein Minimum zu beschränken, da sonst die Entladung leicht unstetig wurde. Der Kupferblock C, mit dem die Glasröhre G fest verbunden ist, war an einem Schlitten S befestigt, so dass durch die Mikrometerschraube M der Elektrodenabstand variiert werden konnte. Der gereinigte und getrocknete Wasserstoff strömte durch das Glasröhrchen R ein und durch das Ansatzstück D aus.

1) Wied. Ann. **63**, 1897.

Durch das Fensterchen F konnte die Entladung beobachtet und photographiert werden. Als Stromquelle diente ein Gleichstromtransformator, der eine Klemmenspannung von 2200 Volt lieferte.

Geschichtete Entladungen, von denen Fig. 2—10 einige Abbildungen in etwa $4^1/_2$ maliger Vergrösserung geben, traten auf bei allen bisher beobachteten Stromstärken von 8—60 Milli-Ampère. (In Fig. 2—10 bedeutet i die Stromstärke in Milli-Ampère, d die Elektrodenentfernung in mm.) Die Schichten sind konvex nach der Kathode zu und verbreitern sich mit grösserer Entfernung von der Anode. Gleichzeitig wächst ihr Abstand. Über eine Elektrodenentfernung von ungefähr 2 mm hinaus werden die der Anode zunächst liegenden Schichten undeutlich und verschwinden bei noch grösserem Elektrodenabstand; jedoch ist bei den grössten erreichten Abständen stets noch eine Schicht dicht vor dem dunklen Trennungsraum, wenn auch unscharf zu erkennen. Quantitative Untersuchungen sollen später mitgeteilt werden.

$i = 20$, $d = 7/6$ — Fig. 2.

$i = 20$, $d = 11/6$ — Fig. 3.

$i = 20$, $d = 13/6$ — Fig. 4.

$i = 20$, $d = 23/6$ — Fig. 5.

$i = 30$, $d = 2$ — Fig. 6.

$i = 30$, $d = 3$ — Fig. 7.

$i = 30$, $d = 4$ — Fig. 8.

$i = 40$, $d = 13/6$ — Fig. 9.

$i = 40$, $d = 27/6$ — Fig. 10.

Bonn, den 7. November 1903.

(Eingegangen 9. November 1903.)

Potentialgefälle und elektrische Zerstreuung in der Atmosphäre.

Von Albert Gockel.

Wie ich an anderer Stelle[1]) ausführlich auseinander gesetzt habe, zeigt die Geschwindigkeit, mit der positive oder negative Ladungen

1) Archives d. sc. ph. et nat. 1903.

in der Atmosphäre zerstreut werden, eine ausgesprochene tägliche Periode, die fast genau entgegengesetzt verläuft der täglichen Periode der relativen Feuchtigkeit, wenn letztere in der Nähe des Bodens gemessen wird. Während die relative Feuchtigkeit im Laufe des Tages abnimmt, steigt die elektrische Zerstreuungsgeschwindigkeit an bis kurz vor Sonnenuntergang, zu welcher Zeit die Bildung einer Dunst- und teilweise auch Staubschicht unmittelbar über dem Boden ein plötzliches und besonders für positive Ladungen sehr intensives Herabsinken der Zerstreuungsgeschwindigkeit bedingt. Einige Stunden nach Sonnenuntergang fängt die Zerstreuungsgeschwindigkeit wieder zu steigen an. Messungen des Ionengehaltes der Atmosphäre, die ich gleichzeitig mit den Zerstreuungsmessungen anstellte, die sich aber erst über einen kürzeren Zeitraum erstrecken, zeigen, dass die tägliche Periode der Zerstreuungsgeschwindigkeit weniger auf Rechnung der Änderung des Ionengehaltes als der der Ionenbeweglichkeit zu setzen ist. Leider versagte die Isolation meines Ebertschen Aspirationsapparates bei hohen Feuchtigkeitsgraden; die Frage, ob die bei Sonnenuntergang eintretende starke Verminderung der Zerstreuungsgeschwindigkeit auch mehr oder weniger stark durch Verminderung der Zahl der Ionen bedingt ist, bleibt daher noch ungelöst.

Wie die Zerstreuungsgeschwindigkeiten a_- und a_+ selbst, so zeigt auch deren Verhältnis $q = \frac{a_-}{a_+}$, an niederschlagsfreien Tagen eine ausgesprochene tägliche Periode mit 2 Maximis, von denen das eine sehr stark ausgeprägte auf die Zeit des Sonnenuntergangs, das andere, ebenso intensive zwischen 8 und $9^h a$ fällt. Das Hauptminimum tritt $4^h a$ ein, zwei sekundäre fallen auf $11^h a$ und $4^h p$. Bewölkung hat, wenn es sich nicht um heranziehende Niederschläge handelt, auf die Form der Kurve wenig Einfluss; selbst die niederen Stratuswolken (Hochnebel), die im November gewöhnlich über der Hochebene zwischen Alpen und Jura lagern, beeinflussen die Lage der Wendepunkte nicht. Ebensowenig wechselt die allgemeine Form der Kurve mit der Jahreszeit, nur sind die absoluten Werte von q im Winter höher als im Sommer. Hier in Freiburg findet sich im Durchschnitt einer zweijährigen Beobachtungszeit in den 6 Sommermonaten, April bis September inkl., $q = 1{,}26$, in den Wintermonaten $q = 1{,}57$. Ort der Beobachtung war meistenteils der Balkon meiner ausserhalb der Stadt gelegenen Wohnung. Besonders hoch ist im Winter das abendliche Maximum, es beträgt der mittlere Wert für $7^h p$ 2,38, während im Sommer für das auf $8^h p$ fallende Maximum 1,57 als Durchschnittswert gefunden wird. Der gegen $11^h a$ beobachteten Einsenkung der Kurve für q folgt an manchen Tagen eine zweite Depression gegen $3p$; im Halbjahresdurchschnitt tritt dieses D-Minimum etwas zurück. Wenn ich bei der Berechnung der in der folgenden Tabelle angegebenen Mittelwerte, für welche Berechnung ungefähr 450 Beobachtungspaare verwendet wurden, auch alle an trüben Tagen gewonnenen Beobachtungen ausschloss, so konnte ich doch diejenigen Tage nicht unberücksichtigt lassen, an denen entweder ein leichter Dunst den ganzen Boden bedeckte, oder unterhalb meines Beobachtungsplatzes Nebel lagerten, da Nebel über dem tief eingeschnittenen Saanethal bei anticyklonaler Witterung im Winter hier niemals fehlen. Es werden deshalb die hohen Winterwerte von q zum grossen Teil bedingt sein durch die sehr starke Verminderung, welche a_+, der Zerstreuungskoeffizient positiver Ladungen, erfährt, sobald eine Dunstschicht sich über dem Boden bildet. In dem relativ trockenen Arosa hat denn auch Saake[1]), dessen Beobachtungen sich nur auf die Zeit von $10^h a$ bis $6p$ erstreckten, in den Monaten Februar bis April für q den Mittelwert 1,30 gefunden, während meine Winterbeobachtungen für dieselbe Tageszeit das Mittel 1,49 liefern. (Tabelle I.)

Ich habe in diesem Jahre vom 1. bis 8. September, während über der ganzen Schweiz hoher Luftdruck lagerte, auf dem Brienzer Rothhorn Messungen angestellt und lasse die erhaltenen Werte von q hier folgen. Zum Vergleiche füge ich die von Le Cadet[2]) auf dem Montblanc erhaltenen Zahlen bei. (Tabelle II.)

1) Diese Zeitschr. **4**, 627, 1903.
2) Compt. rend. **135**.

Tabelle I. Werte von q.

Stunden	$5^h a$	6	7	8	9	10	11	12	$1^h p$	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Sommer	**0,92**	1,15	1,29	**1,66**	1,36	1,28	**0,99**	1,11	1,35	1,23	1,22	1,17	1,34	1,33	1,20	**1,57**	1,29	1,60	0,76
Winter			1,02	1,75	1,41	1,53	1,30	1,45	**1,21**	1,51	1,71	1,85	1,67	**1,20**	**2,38**	1,59	1,64	1,51	

Tabelle II.

Stunde		$5a$	$7a$	$9a$	$11a$	$1p$	$3p$	$5p$	$7p$	$9p$
Rothhorn	a_-	18,74	17,00	15,56	17,95	14,05	11,15	11,81	16,80	12,54
	a_+	4,42	7,39	5,03	3,80	1,65	2,82	2,63	3,74	3,82
	q	2,25	3,18	3,17	6,36	7,51	7,82	6,63	8,35	2,52
Montblanc	q			7,58	5,73	13,29	14,14	10,59		

Unter $5^h a, 7^h a \ldots$ sind jeweils die zwischen 4 und 6, 6 und 8 u. s. w. erhaltenen Werte zusammengefasst. Die angegebenen Werte von q sind die Mittelwerte der in den betreffenden Stunden erhaltenen Einzelwerte von q, und stimmen nicht überein mit dem Verhältnis der Mittelwerte von $a-$ und $a+$. Diese letzteren Werte sind in der von Elster und Geitel vorgeschlagenen Weise ausgedrückt, geben also den Ladungsverlust pro Minute in Prozenten der ursprünglichen Ladung an. Bei allen den hier verwendeten Messungen war der Zerstreuungscylinder zum Schutz gegen die Wirkungen des Erdfeldes von einem weitmaschigen Drahtgeflecht umgeben. Um meine Zahlen für $a-$ und $a+$ mit den unter Anwendung eines Schutzcylinders nach Elster und Geitel gewonnenen vergleichen zu können, wären dieselben ungefähr mit 3 zu dividieren.[1])

Wie man sieht, vereinfacht sich die Kurve für q in der Höhe. Das vormittägige Maximum fällt aus, auch konnte ich das mittägige Minimum dieses Jahr auf dem Rothhorn nicht konstatieren, während dasselbe voriges Jahr bei niederem Barometerstand vorhanden war und auch von Le Cadet auf dem Montblanc um $11\,a$ gefunden wurde. Dass diese, um die Mittagszeit sonst stets eintretende Depression des Wertes q von mir auf dem Rothhorn dieses Jahr nicht beobachtet wurde, ist wohl dem folgenden Umstande zuzuschreiben:

Die hochsommerlichen Temperaturen, die damals unten im Thale herrschten, bewirkten, dass die Spitze des Berges gegen Mittag von Kumuluswolken umlagert war. Deren Anwesenheit drückte den Wert von $a+$ herunter und liess somit q steigen. Die im vorigen Jahre von mir auf dem Rothhorne für q erhaltene Kurve[2]) stimmt mit der von Saake in Arosa und Ebert in München erhaltenen in ihrer Form überein.

Sehr stark ausgeprägt fand ich die mittägige Depression von q ebenso wie das in Freiburg nur im Winter besonders hohe abendliche Maximum im März vorigen Jahres in Zermatt. Das Verhältnis fiel dort auch an schönen Tagen auf 0,5, während das Maximum 2,5 betrug.

Ein Vergleich, der die Periode der positiven und negativen Zerstreuung wiedergebenden Kurven zeigt, dass die Erhöhung von q, wie schon bemerkt, in erster Linie bedingt ist durch die Erniedrigung des Wertes von $a+$. Die tägliche Periode von q zeigt eine auffallende Übereinstimmung mit der des Potentialgefälles und des Luftdruckes.[3]) Dieser Umstand veranlasste mich zu untersuchen, ob auch ausserhalb der täglichen Periode ein Zusammenhang zwischen diesen drei Faktoren besteht. Darauf, dass bei abwärts gerichteter Luftbewegung, also steigendem Barometer, q grösser als an anderen Tagen gefunden wird, hat schon Ebert[1]) aufmerksam gemacht. Ferner hat Czermak[2]) gefunden, dass bei Föhn q beträchtlich grösser als 1 ist. Seine Beobachtungen konnte ich in diesem Sommer hier bestätigen. Zwar kann in Freiburg von einem ausgeprägten Föhn nicht die Rede sein, aber ich fand anormal hohe Werte von q an den Tagen, an denen nach dem Bericht der meteorologischen Centralstation Föhn in der Centralschweiz herrschte. Nebenbei bemerkt stieg an einem Oktobertage, an dem in der inneren Schweiz heftiger Föhn wehte, der Gehalt der Luft an radioaktiver Substanz auf den bis dahin von mir nie beobachteten Wert $A = 420$ (sonstiges Maximum hier 120, auf dem Brienzer Rothhorn 350). Dass bei fallendem Barometer $q < 1$ wird, habe ich schon früher[3]) bemerkt. Auch v. Schweidler[4]) hat vor Gewittern, also bei aufsteigendem Luftstrom, $q < 1$ gefunden. Die zahlenmässige Feststellung der zwischen der Grösse von q und der Luftbewegung herrschenden Beziehung wird dadurch erschwert, dass der Einfluss der täglichen Periode den der grossen atmosphärischen Wirbel meistenteils überwiegt, auch sind Cyklonen fast stets mit Niederschlägen verknüpft, welche die Ionenführung der Luft in besonderer Weise beeinflussen.

Im nachstehenden gebe ich eine Übersicht über den Zusammenhang zwischen Potentialgefälle und der Grösse q.

Potentialgefälle	0–49	50–99	100–149	150–199	$\frac{\text{Volt}}{\text{meter}}$
q	1,12	1,31	1,69	1,84	

Die Bestimmungen des Potentialgefälles erfolgten gewöhnlich in den Pausen zwischen der Messung von $a-$ und $a+$ vermittels eines in $1\frac{1}{2}$ m Abstand von der Hauswand angebrachten Flammenkollektors. Die Reduktion auf absolute Werte geschah mittels gleichzeitig auf einer vor dem Hause gelegenen Wiese vorgenommenen Beobachtungen. Man sieht, dass q mit dem Potentialgefälle steigt. Diese Übereinstimmung im Gange der beiden Faktoren wird noch auffallender, wenn man auch die an anderen Orten gemachten Beobachtungen zum Vergleiche heranzieht. Allerdings muss bemerkt werden, dass der parallele Gang nur in den Mittelwerten deutlich hervortritt, im einzelnen können bei jedem Werte des Potentialgefälles voneinander stark abweichende Werte von q auftreten. Eine

1) Nicht multiplizieren, wie es infolge eines Schreibfehlers auf Seite 268 dieser Zeitschr. heisst.
2) Diese Zeitschr. **4**, 268, 1903.
3) Vergl. die Darstellung in Studies on the meteorological Effects of the solar and terrestrial physical Processes, p. 1, Washington 1903.

1) Diese Zeitschr. **4**, 94, 1902.
2) Diese Zeitschr. **3**, 186, 1902.
3) Diese Zeitschr. **4**, 270, 1903.
4) Wiener Berichte **111**, IIa, 1463, 1902.

genaue Bestimmung des Zusammenhangs beider Grössen ist schon dadurch erschwert, dass zu manchen Tageszeiten der Wert des Potentialgefälles in der halben Stunde, welche die Bestimmung von q erfordert, sich stark ändert. Besonders im Herbst und Winter bietet die Bestimmung von q in den Morgen- und Abendstunden Schwierigkeiten, da um diese Zeit die Zerstreuungskoeffizienten rasch grösser resp. kleiner werden. Eine weitere Schwierigkeit, einen Zusammenhang zwischen Potentialgefälle und Ionenführung zu finden, liegt darin, dass q nur das Verhältnis zwischen den Produkten aus Ionenzahl und Ionenbeweglichkeit angiebt, das Potentialgefälle aber wohl eher durch das Verhältnis der Ionenzahlen beeinflusst wird. Ich habe zwar seit einiger Zeit auch Messungen des Ionengehaltes der Atmosphäre aufgenommen, möchte aber aus den wenigen vorliegenden Zahlen noch keine Schlüsse ziehen. Man kann gegen die oben mitgeteilten Zahlen den Einwand erheben, dass die Grösse q durch das Haus, auf dessen Balkon die Zerstreuungsmessungen vorgenommen wurden, beeinflusst erscheint. Ich habe deshalb auch etwa 100 Beobachtungspaare in der Weise ausgeführt, dass ich die Zerstreuungsmessungen auf einem Tische vornahm, der im Garten etwa 15 m vom Hause und 10 m vom nächsten Baume entfernt stand. Die Potentialmessungen mussten allerdings von dem Fenster der Wohnung aus vorgenommen werden, da mir die oben erwähnte Wiese selten zugänglich war, und die verschiedenen Sträucher und ähnliches im Garten eine Reduktion der gemessenen Werte auf ebenes Terrain auch unmöglich gemacht hätten.

Das Resultat der Messungen weicht von dem oben Angegebenen nicht ab; niedrigen Werten des Potentialgefälles entsprechen auch niedrige Werte von q und ebenso hohen Werten des einen Faktors hohe des andern. Dabei können aber auch hier bei einem und demselben Wert des Potentialgefälles die verschiedensten Werte von q vorkommen, doch wurde sehr selten beobachtet, dass Werte von q, die kleiner sind als 1, vorkommen bei einem Potentialgefälle von über 70 $\frac{V}{m}$.

Sehr deutlich musste die Beziehung zwischen Stärke des Erdfeldes und Ionenführung der Atmosphäre am Brienzer Rothhorn zum Ausdruck kommen. Sowohl die Zerstreuungs- als auch die Potentialgefällmessungen wurden an flacher Stelle des Grates, in einer Höhe von 2300 m vorgenommen. Die nachstehenden Zahlen geben die Potentialdifferenz zwischen Erdboden und einem 1 m darüber gelegenen Punkte an und sind natürlich nicht auf eine ebene Fläche reduzierbar. Es wurde aber stets genau an demselben Punkte gemessen.

Potentialgef.	200–299	300–399	400–499	500–599	600–699	Volt/meter
q	3,21	4,33	5,46	8,43	9,07	

v. Schweidler hat seine Zerstreuungsmessungen in einem mit Zink gedeckten Gartenhäuschen vorgenommen, also einem Punkte, der gegen die Wirkungen des Erdfeldes geschützt ist. Aus den allerdings wenigen Potentialgefällmessungen, die ziemlich gleichzeitig mit Messungen der Zerstreuung angestellt wurden, habe ich das folgende Resultat abgeleitet:

Potentialgefälle	50–100	100–150	Volt/meter
q	0,93	1,06	

Die angeführten Resultate scheinen mir nicht in Übereinstimmung zu stehen mit der Hypothese, dass die negative Ladung des Erdkörpers von der Adsorption negativer Ionen herrührt.[1])

Die gegen Mittag an vielen Orten eintretende Depression des Potentialgefälles, die in offenbarem Zusammenhang mit der gleichzeitig beobachteten Verringerung des Wertes q steht, wird von Chauveau[2]) und von Exner[3]) als eine Störung des normalen Erdfeldes betrachtet, die allein von der Nachbarschaft des Bodens herrührt. Die Störung scheint im Zusammenhang zu stehen mit der halbtägigen Welle des Luftdruckes. Für die Annahme, dass die störenden Massen ihren Sitz in den unteren Schichten der Atmosphäre haben, spricht meines Erachtens die schon oben erwähnte Thatsache, dass im allgemeinen die tägliche Periode des Luftdrucks den Einfluss der grossen atmosphärischen Wirbel auf das Zerstreuungsvermögen der Luft überwiegt. Über die Natur dieser störenden Massen ein bestimmtes Urteil abgeben zu wollen, wäre wohl verfrüht. Einige Thatsachen scheinen mir indessen dafür zu sprechen, dass die Bewegung von Staub und Wasserdampf eine Rolle spielt, und dass neben der relativen Feuchtigkeit auch die absolute insofern die Zerstreuung beeinflusst, als mit steigendem Wasserdampfgehalt auch der Wert von q steigt und umgekehrt. Speziell die mittägige Verringerung des Wertes von q kann aber nicht der Einwirkung von Staub zugeschrieben werden, denn eine solche müsste den Wert des Zerstreuungskoeffizienten herabsetzen, in Wirklichkeit steigt derselbe aber um die Mittagszeit an, nur steigt a_+ rascher als a_-, was die Erniedrigung von q zur Folge hat.

Ein Einfluss der relativen Feuchtigkeit auf q muss insofern vorhanden sein, als bei steigender relativer Feuchtigkeit a_+ rascher abnimmt als a_-. Besonders schön geht dies aus den

1) Vergl. Riecke, Ann. d. Phys. **12**, 83, 1903.
2) Chauveau, Etude de la variation diurne de l'électricité atmosphérique, II mémoire, p. 110.
3) F. Exner, Wiener Berichte **110**, IIa, 380, 1901.

von Pochettino[1]) mitgeteilten Zahlenreihen hervor. Meine eigenen Beobachtungen lassen zunächst nur erkennen, dass bei den höchsten Feuchtigkeitsgraden a_+ rascher abnimmt als a_-. Sehr auffällig aber wird die Verringerung der Zerstreuungsgeschwindigkeit speziell positiver Ladungen, sobald Kondensation von Wasserdampf eintritt. Ich habe schon oben die hohen Winterwerte von q auf das Vorhandensein von Dunstschichten zurückgeführt, die in der kalten Jahreszeit den Boden bedecken. Ich habe auch schon früher wiederholt bemerkt, dass die Anwesenheit solcher Dunstschichten selbst dann den Wert von q erhöht, wenn diese Schichten tief unter dem Standorte des Beobachters liegen.

Sehr gut lässt sich der Einfluss einer am Boden sich bildenden Dunstschicht des Abends verfolgen. In demselben Augenblicke, in dem am Boden eine auch nur leise Dunstschicht sichtbar wird, steigt das Potentialgefälle und a_+ sinkt sehr stark, während a_- dies nur in geringerem Masse thut, q steigt also ebenfalls. Das Ausfällen der negativen Ionen durch den Tau hat auch schon Ebert[2]) bemerkt. Diese rasche Verminderung der Zerstreuungsgeschwindigkeit positiver Ladungen durch Taubildung hat insofern etwas Auffälliges, als sie sich auch in Höhen über dem Boden bemerkbar macht, in denen der Wasserdampfgehalt der Luft sehr weit vom Sättigungspunkt entfernt ist. So habe ich z. B. die mit der Taubildung am Boden eintretende Verringerung von a_+ und die damit verbundene Steigerung des Potentialgefälles konstatieren können auf einer 7 m über dem Boden gelegenen Terrasse. In dem Augenblicke, in dem die Blättchen des zur Potentialgefällemessung dienenden Elektroskopes auseinander gingen, erkannte auch das Auge die Bildung einer Dunstschicht am Boden, während das in gleicher Höhe mit der Terrasse in dem bei den schweizerischen Stationen üblichen Zinkblechgehäuse aufgestellte Haarhygrometer eine relative Feuchtigkeit von nur 45 Proz. anzeigte. Die beobachteten Thatsachen erklären auf jeden Fall sehr gut die zuerst von Exner beobachtete Erscheinung des abendlichen Sprungmaximums des Potentialgefälles. Mit der Taubildung verringert sich die Zahl der negativen Ionen in viel stärkerem Masse als die der positiven; es steigt q und damit das Potentialgefälle sehr rasch. Allmählich werden die mit dem Taue niedergeschlagenen negativen Ionen durch Diffusion, vielleicht auch durch das spontane Regenerationsvermögen der Luft wieder herbeigeschafft, a_+ steigt bald nach Sonnenuntergang wieder an, und damit erreicht auch das Potentialgefälle wieder seinen normalen Wert.

In Zermatt, wo ich im Monat März Messungen anstellte, lagerte während der ganzen Nacht eine Dunstschicht unmittelbar über dem Boden, deshalb kehrten sowohl das Potentialgefälle als auch der Wert q, nachdem sie einmal den hohen Abendwert erreicht hatten, nicht mehr auf ihren früheren Wert zurück.

In der Oase Tougourt brachte die zur Zeit des Sonnenuntergangs herabsinkende Luft den Staub zurück, welcher unter Tags in die Höhe gerissen war, und verhinderte gleichzeitig den Rauch der um diese Zeit angezündeten Herdfeuer, in die Höhe zu steigen, deshalb verringerte sich die Zerstreuungsgeschwindigkeit speziell positiver Ladungen um diese Zeit sehr stark; eines Abends fiel a_+ auf 0,20, a_- auf 0,82 Proz., während der durchschnittliche Wert im Laufe des Tages 7 Proz. betrug. Das Verhältnis q erreichte den Wert 4 und damit stieg auch das Potentialgefälle. Mache[1]) hat das starke, mit der Rauchentwickelung verbundene Ansteigen des Potentialgefälles auch in Delhi beobachtet. Er nimmt als Ursache eine positive Ladung des Rauches an. Zerstreuungsmessungen hätten ihn wohl zu demselben Resultat geführt, zu dem ich auch gekommen.

Eine vollständig befriedigende Erklärung des Sprungmaximums, das manchmal eintritt, wenn morgens die ersten Sonnenstrahlen den Standort des Beobachters erreichen, steht noch aus. Man kann annehmen, dass der verdampfende Tau eine Erhöhung der relativen Feuchtigkeit der untersten Luftschichten und damit eine Erhöhung von q und des Potentialgefälles hervorruft, indessen pflegt die relative Feuchtigkeit vor dem Erscheinen der Sonne dem Sättigungspunkt schon nahe zu sein, und ich konnte bis jetzt eine Änderung der Zerstreuungskoeffizienten während des Sonnenaufgangs nicht nachweisen. Ist der Boden mit Dunst bedeckt, so steigt sowohl a_+ als auch a_- vom Erscheinen der Sonne an, im Sommer dagegen sinkt a_+ von $4^h\,a$ bis etwa $8^h\,a$. Dieser letztere Umstand bedingt, da a_- vom frühen Morgen an kontinuierlich steigt, ein gegen $8\,a$ eintretendes Maximum von q, zusammenfallend mit dem Maximum des Potentialgefälles. Auf dem Brienzer Rothhorn war dieses Vormittagsmaximum von q nicht vorhanden. Entsprechend der im Laufe des Tages zunehmenden Feuchtigkeit fiel a_+ fast ununterbrochen bis zum Nachmittag und damit stieg q.

Ich habe früher[2]) bemerkt, dass stagnierende Nebel, welche unter der Herrschaft niederen

1) Pochettino, Rendiconti d. r. A. d. Lincei, **10**, 1, p. 108, 1901.
2) Ebert, diese Zeitschr. **4**, 94, 1902.

1) Mache, Wiener Berichte **109**, IIa, 686, 1900.
2) Diese Zeitschr. **4**, 269, 1903.

Luftdruckes das Rothhorn umgaben, den Wert von q herabdrückten. Dasselbe war nicht der Fall bei den Kumuluswolken, welche während meines letzten Aufenthaltes daselbst mittags den Berg streiften. Solche Wolken verringerten zwar den Wert von a_-, noch mehr aber den von a_+, so dass q einmal auf 16,33 stieg.

Dass q im allgemeinen mit der relativen Feuchtigkeit wächst, habe ich im vorstehenden wiederholt konstatiert, ich betone aber, 1. dass dieser Zusammenhang nur dann deutlich hervortritt, wenn die Feuchtigkeit in unmittelbarer Nähe des Bodens gemessen wird, und 2. dass dieser Zusammenhang sich auch nur in den Mittelwerten klar offenbart. Die Thatsache, dass bei ein- und demselben Feuchtigkeitsgrade die verschiedensten Werte von a_- und a_+ auftreten können, zeigt, dass die Grösse der Zerstreuung nicht ausschliesslich durch die Höhe der relativen Feuchtigkeit bedingt sein kann. Der Umstand, dass fast überall gegen 4^h a ein Minimum des Potentialgefälles und von mir auch ein Minimum von q beobachtet wurde, obwohl zu dieser Zeit die relative Feuchtigkeit fast stets über 90 Proz. beträgt, weist in Verbindung mit anderen bekannten Thatsachen auf den grossen Einfluss hin, den die tägliche Luftdruckschwankung auf die Ionenführung der Atmosphäre ausübt. Hervorgehoben zu werden verdient der Umstand, dass der Koeffizient a_+ grösseren Schwankungen unterworfen ist als der a_-.

Zweck der vorliegenden Arbeit ist es vor allem, auf die Wichtigkeit hinzuweisen, die in Verbindung mit Zerstreuungsmessungen ausgeführten Messungen des Potentialgefälles zukommt. Des weiteren will sie anregen, auch bei den Zerstreuungsmessungen die Schwankungen des Luftdruckes und des Dampfdruckes zu verfolgen, des letzteren schon aus dem Grunde, weil die Veränderungen der absoluten Feuchtigkeit Anhaltspunkte für die Erforschung der Vertikalbewegung der untersten Luftschichten geben. Erforderlich wird es auch sein, dass Ionengehalt und Ionenbeweglichkeit in Zukunft getrennt bestimmt werden, was bis jetzt noch bei hohen Feuchtigkeitsgraden experimentelle Schwierigkeiten bot.

Freiburg (Schweiz), November 1903.

(Eingegangen 12. November 1903.)

Über einige elektrodynamische Messinstrumente der Firma Hartmann & Braun, A.-G.

Von Th. Bruger.

Die in folgendem beschriebenen, direkt zeigenden Instrumente verdanken ihre Konstruktion in erster Linie der Wichtigkeit, welche Messungen von Wechselstrom jederart in neuerer Zeit erlangt haben. Dementsprechend wurde zunächst Gewicht darauf gelegt, möglichst die Störungen zu vermeiden, die in der Eigenart des Wechselstroms ihren Grund haben und die in der Hauptsache auf Induktionswirkungen — Selbstinduktion, gegenseitige Induktion, Wirbelstrominduktion — zurückzuführen sind. Dann aber erschien es auch wichtig, die Instrumente möglichst unabhängig von in der Nähe befindlichen Fremdfeldern zu machen, sie mit ausreichender Dämpfung zu versehen und besonders noch dahin zu streben, dass die Skalen einen möglichst gleichförmigen Verlauf erhalten, damit auch kleine Messgrössen schon mit hinlänglicher Genauigkeit ablesbar sind. Bezüglich des letzten Punktes liegen die Verhältnisse für Wechselstrominstrumente, welche wie die vorliegenden, auf rein elektrodynamischem Prinzip beruhend, zur Strom-, Spannungs- und Leistungsmessung dienen sollen, nicht so einfach, wie z. B. für Gleichstrom-Instrumente mit permanentem Magnetfeld, und es mag daher hier zunächst kurz auf die in dieser Beziehung massgebenden allgemeinen Grundsätze eingegangen werden.

Bezeichnet man mit G die potentielle Energie zwischen einem festen und einem beweglichen elektrodynamischen System, die beide von dem Strome 1 durchflossen werden, so dass durch $\frac{dG}{dx}$ die in der Richtung x von dem einen auf das andere ausgeübte Kraft gegeben ist, und setzt man voraus, dass der elektrodynamischen Kraft eine mechanische von der Grösse $K = f(x)$ entgegenwirkt, so wird die Gleichgewichtsbedingung, für welche das bewegliche System in Ruhe bleibt:

$$\frac{dG}{dx} = K = f(x)$$

lauten. Haben wir es an Stelle der Stromeinheit mit Strömen von der Grösse $\mathfrak{J}$ und i zu thun, die je eines der beiden elektrodynamischen Systeme durchfliessen, so geht die obige Gleichgewichtsbedingung über in die folgende:

$$\mathfrak{J} \cdot i \cdot \frac{dG}{dx} = f(x).$$

Wir nehmen nun an, dass das vom Strome $\mathfrak{J}$ durchflossene System fest und durch den Wert $x = 0$ in seiner Lage bestimmt sei und unterscheiden zwei Fälle: erstens den, in welchem durch die Grösse der Bewegung des von i durchflossenen Systems das Produkt $\mathfrak{J}\, i$ gemessen werden soll und zweitens den, wo man $\mathfrak{J} = c\, i$ wählt und lediglich i messen will. Für den ersten Fall ergiebt sich, wenn ein bestimmtes Stromprodukt gesucht ist:

$$\mathfrak{J} \cdot i = \frac{K}{\frac{dG}{dx}}$$

und für den zweiten Fall, wenn ein bestimmtes i gesucht ist:

$$i = \sqrt{\frac{K}{c \cdot \frac{dG}{dx}}}$$

oder

$$i^2 = \frac{K}{c \cdot \frac{dG}{dx}} .$$

Nun wird bei der grossen Mehrzahl der praktisch in Frage kommenden Instrumente die mechanische Gegenkraft K durch eine Torsionsfeder geliefert, bezüglich der man annehmen kann, dass die von ihr entwickelte Kraft proportional der Verschiebung ihres freien Endes ist, so dass $K = c' \cdot x$ wird. Für diesen Fall hat man also:

$$\mathfrak{F} \cdot i = \frac{c' \cdot x}{\frac{dG}{dx}}$$

wenn es sich, wie beim Wattmeter um Messung des Produktes zweier Ströme und:

$$i^2 = \frac{c'' x}{\frac{dG}{dx}}$$

wenn es sich, wie beim Dynamometer, um Messung eines Einzelstromes handelt.

Soll nun die Anzeige beider Instrumente auf einer gleichförmig verlaufenden Skala erfolgen, so muss sein:

im ersten Falle: $\mathfrak{F} i = c_1 \cdot x$ und im zweiten Falle: $i^2 = (c_2 \cdot x)^2$, woraus folgt:

$$(1) \qquad \frac{c' \cdot x}{\frac{dG}{dx}} = c_1 \cdot x \quad \text{oder} \quad \frac{dG}{dx} = const.$$

für das Wattmeter, und:

$$(2) \qquad \frac{c'' \cdot x}{\frac{dG}{dx}} = (c_2 x)^2 \quad \text{oder} \quad \frac{dG}{dx} = \frac{const.}{x}$$

für das Elektrodynamometer und, wenn man die Integralwerte bildet:

$$G = c_1 \cdot x + a \quad \text{und} \quad G = c \cdot ln\,(x) + a$$

wo a eine Integrationskonstante bedeutet. Besteht die Bewegung in einer Drehung des beweglichen Systems gegen das feste, so hat man, wenn α den Drehwinkel bezeichnet:

$$(1a) \qquad \frac{dG}{d\alpha} = const. \qquad G = c \cdot \alpha + a$$

und

$$(2a) \qquad \frac{dG}{d\alpha} = \frac{const.}{\alpha} \qquad G = c \cdot ln(\alpha) + a$$

als Bedingungsgleichungen, denen entsprechend die elektrodynamischen Systeme gewählt werden müssen, und es fragt sich, ob dies praktisch ausführbar ist.

Was zunächst die Konstruktion des Leistungsmessers betrifft, die den Gleichungen 1a entsprechen soll, so liegt die Möglichkeit vor, zwei Spulen, die denselben einzeln nicht völlig genügen, zu einem drehbaren Doppelsystem derart zu kombinieren, dass die Abweichungen der Einzelwirkungen jeder Spule sich ausgleichen und im ganzen doch eine von der Lage des Systems unabhängige Kraft erhalten wird. Derartig eingerichtete Instrumente sind früher von mir beschrieben.[1]) — Man gelangt jedoch direkter zum Ziele, wenn man entweder dem festen oder dem beweglichen Felde eine ähnliche Konstitution giebt, wie sie das feste permanente Feld eines Drehspul-Galvanometers aufweist, in welchem die Kraftlinien lauter Durchmesser eines Kreises bilden, und hat dabei verschiedene Wege, welche man zur Herstellung eines rein elektrodynamischen derartigen Feldes einschlagen kann. Zwei derselben sind von Herrn Raps angegeben[2]); ein anderer, von mir bei dem hier zu beschreibenden Wattmeter benutzt, führt auf ein besonders genau den theoretischen Bedingungen entsprechendes diametrales Feld. — Den Ausgangspunkt bildet dabei eine flache, scheibenförmige Spule, auf deren Oberfläche die Kraftlinien alle vom Centrum zur Peripherie verlaufen. Trifft man nun Vorkehrungen, durch welche die eine Hälfte dieser Kraftlinienschar entweder unwirksam gemacht, oder noch besser durch eine gleiche Schar in entgegengesetzter Richtung verlaufender ersetzt wird, damit diese die andere Hälfte zu diametralen Linien ergänzen, so ist die gestellte Forderung vollkommen erfüllt.

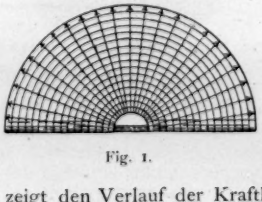

Fig. 1.

Fig. 1 zeigt den Verlauf der Kraftlinien für eine flache, scheibenförmige Spule, die in der Richtung eines Durchmessers um 90° gebogen wurde, und Fig. 2 das Feld zweier derartiger in gewissem Abstand übereinander gelegter Spulen mit darin befindlicher Drehspule. Aus Fig. 3 und 4 ist ersichtlich, wie man es durch zweimaliges Biegen einer ovalen Flachspule um 90° aus ihrer Ebene erreicht, dass die auf der oberen Seite der einen (unteren) Scheibenhälfte verlaufenden Kraftlinien sich mit den unter der anderen (oberen) Scheibenhälfte verlaufenden

1) Berl. Elektrot. Zeitschrift, 1894, S. 332 u. 1897, S. 175.
2) Berl. E. Z. 1899, S. 665.

Kraftlinien, zu einem, eine Kreisfläche erfüllenden Felde zusammensetzen, dessen Linien lauter

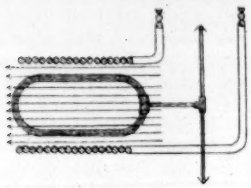

Fig. 2.

Fig. 3.

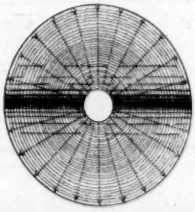

Fig. 4.

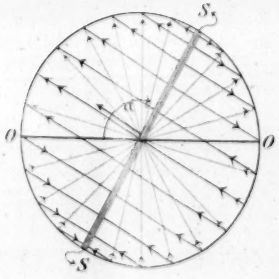

Fig. 5.

Durchmesser dieser Kreisfläche bilden. Es ist von Wichtigkeit, dass bei einer derartigen Spule das erzeugte Feld in der Richtung jedes konzentrischen Kreises über einen Bogen von nahe 180° von durchaus gleicher Stärke bleibt, so dass eine, um den Mittelpunkt der das Feld bildenden Kreisfläche drehbare, nicht zu breite, rahmenförmige Spule (s. Fig. 5) immer von der gleichen Anzahl Kraftlinien getroffen wird. Berücksichtigt man die Richtung der die bewegliche Spule durchsetzenden festen Linien, indem man etwa die durch die Linien des beweglichen Feldes gekennzeichnete Richtung als positive einführt, so findet man, dass alle in den Winkelraum α fallenden festen Linien, und also auch deren Projektionen normal zur Fläche der Drehspule positiv sind, alle den Winkel $180^0 - \alpha$ erfüllenden aber negativ, wenn α den Winkel bezeichnet, um den die Mittelebene der beweglichen Spule gegen die mit der neutralen Mittellinie o—o der gebogenen festen Spule zusammenfallende Richtung verdreht ist. Man erhält also für die potentielle Energie zwischen beiden Feldern, d. h. in diesem Falle für die Normalinduktion des beweglichen durch das feste Feld, den Ausdruck:

$$G = + c\,\alpha - c\,(\pi - \alpha),$$

wo c ein Proportionalitätsfaktor ist, oder

$$G = c \cdot (2\alpha - \pi),$$

woraus dann folgt:

$$\frac{dG}{d\alpha} = 2\,c = const.$$

Fig. 6 zeigt einen fertigen Leistungsmesser für kleinere Leistungen in seiner jetzigen Ausführungsform. Derselbe enthält zwei der oben beschriebenen ⅂-förmig gebogenen Flachspulen an gemeinsamer Achse drehbar angeordnet, die

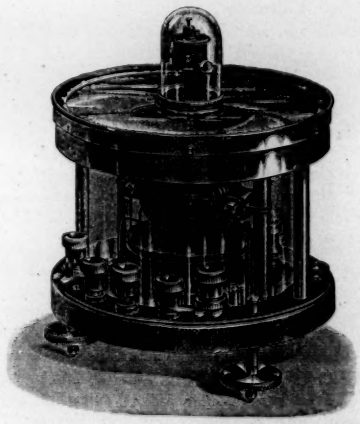

Fig. 6.

so geschaltet sind, dass sie ein astatisches System bilden und der Wirkung einer festen rahmenförmigen Spule unterliegen. Es ist naturgemäss theoretisch gleichgültig, ob das Feld mit diametral verlaufenden Kraftlinien als bewegliches oder als festes System für das Instrument ausgenutzt wird, aus praktischen Gründen ist jedoch die hier ausgeführte Konstruktion vorzuziehen, da sich die dünndrähtigen Spannungsspulen sehr bequem in die verlangte Form biegen lassen und es wegen der geringen Ausdehnung derselben in vertikaler Richtung gut angängig ist, das Instrument mit zwei übereinander angeordneten beweglichen Spulen, die ein astatisches System von sehr geringem Gewicht bilden, auszurüsten und so von Beeinflussung durch Fremdfelder unabhängig zu machen.

Die feste Hauptstromspule, innerhalb deren die untere Spule des astatischen Systemes schwingt, während sich die obere desselben über ihr befindet, besteht aus zwei Hälften, zwischen denen die möglichst dünn und leicht gehaltene Drehachse nach oben und unten hindurchtritt; sie werden, da Metallmassen in ihrer Nähe zu vermeiden sind, durch Klammern aus isolierendem Material gehalten und an die vier äusseren, vorn auf der Hartgummigrundplatte des Instrumentes sichtbaren Klemmen angeschlossen, so dass sie durch drehbare und mittels Schrauben fest anzuschliessende Kupferlamellen entweder, wie im Bilde dargestellt, parallel, oder, indem beide Lamellen mit der mittleren Klemme verschraubt werden, in Serie geschaltet werden können. So ergeben sich zwei Strommessbereiche, die im Verhältnis 1 : 2 zueinander stehen. Alle Spulen dieses, sowie der später zu beschreibenden Instrumente sind frei gewickelt, d. h. ohne einen Metall- oder Holzrahmen, zur Anwendung gebracht. An der Drehachse sind unten noch zwei Glimmerflügel befestigt, die in einer aus Isoliermaterial hergestellten Kammer schwingen und eine aperiodische Luftdämpfung liefern. Die Achse selbst hängt an einem genügend starken Kokon und die mechanische Gegenkraft wird durch eine flache Torsionsfeder geliefert, welche mit einer bequem einstellbaren und nach Abschrauben des Glasdomes zugänglichen Rändelschraube in Verbindung steht, während die Stromzuführung durch sehr dünne Blattsilberstreifen reibungslos erfolgt. Im Fusse des Instrumentes finden Vorschaltwiderstände für Spannungen bis zu 200 Volt Platz, ebenso die sicher wirkende Arretiervorrichtung, die eine kleine, dicht über den Glimmerflügeln an der Achse befestigte Aluminiumscheibe gegen den Deckel der Dämpferkammer drückt und das Instrument gut transportabel macht. Der messerförmige Zeiger schwingt über einer aus Isoliermaterial hergestellten, mit Spiegelbogen zur Vermeidung der Parallachse ausgerüsteten, durchaus gleichförmigen Skala und gestattet sehr genaue Ablesungen. Vor Gebrauch wird das Instrument nach der mit dem Suspensionskopf in fester Verbindung stehenden Libelle horizontiert. — Die wichtigsten Konstanten des Leistungsmessers sind folgende: Widerstand des beweglichen Systems ohne den festen Vorschaltwiderstand: ca. 190 Ohm, Stromverbrauch desselben bei Maximalausschlag: 15 bis 20 Milliamp., induktionsfreier Vorschaltwiderstand für 100 Volt ca. 5000 Ohm, Selbstinduktionskoeffizient der Nebenschlussspulen $\lambda = 0{,}0033$ Henry, Spannungsverlust an den Enden der parallel geschalteten Hauptstromspulen für 25 Amp. ca. 0,25 Volt. Das Instrument wird auch zur Messung sehr kleiner Leistungen mit Spiegelablesung ausgeführt und eignet sich hierfür besonders deshalb, weil seine Anfangsempfindlichkeit in der Nähe der Ruhelage der gleichförmigen Skala wegen verhältnismässig gross ist.

Bei Herstellung eines rein elektrodynamischen Strom- oder Spannungsmessers mit gleichförmiger Skala hat man der Bedingung:

$$G = c \cdot ln\,(a) + a$$

oder

$$\frac{dG}{da} = \frac{c}{a}$$

zu genügen, die sich nicht so einfach in die Praxis übersetzen lässt wie diejenige, welche für die Wattmeterkonstruktion massgebend war, und man wird hier, wie es scheint, rationell nur mit Hilfe eines Doppelsystems zum Ziele gelangen. Handelt es sich zunächst darum, eine Kraftwirkung zu erzielen, die innerhalb gewisser Grenzen nahe umgekehrt proportional der Entfernung der beiden in Wechselwirkung tretenden Systeme abnimmt, so kann man hierfür zwei flache scheibenförmige Spulen miteinander parallelen Windungsflächen benutzen, deren eine feststehend auf die andere ihr so weit wie möglich genäherte abstossend wirkt. Die Kraft zwischen zwei derartigen kreisförmigen Spulen, die vom Strome 1 durchflossen sind, ist angenähert gegeben durch die Formel:

$$\frac{dG}{dx} = \frac{4\pi a \cdot x}{(a-b)^2 + x^2}, \tag{3}$$

wo a und b die als nahezu gleich angenommen reduzierten Radien der beiden Windungsflächen und x den Abstand der letzteren voneinander bezeichnen. Ist hier $a = b$, so hat man

$$\frac{dG}{dx} = \frac{const}{x},$$

doch gilt diese Beziehung genau nur, solange x gegen a und b klein ist und für die Wirkung

wesentlich nur die einander parallelen Leiterteile in Betracht kommen. In Fig. 7 giebt die Kurve I die durch einen Versuch ermittelte Beziehung des Drehwinkels α zur abstossenden Kraft zwischen zwei scheibenförmigen Flachspulen von 35 mm Durchmesser, deren eine fest die andere um eine bei o befindliche Achse drehbar ist.[1]) Man bemerkt, dass auch bei der Drehung der einen Spule gegen die andere die Kraft anfangs nahe proportional dem reziproken Werte des Drehwinkels ist, aber von etwa 30° Ausschlag an wesentlich schneller abnimmt, wie es diese Beziehung erfordern würde und wird darauf hingewiesen, eine zusätzliche Kraft einzuführen, die ausgleichend wirkt. Die mit H bezeichnete Kurve derselben Fig. 7 stellt die Funktion: $c \sin \beta$ dar für den

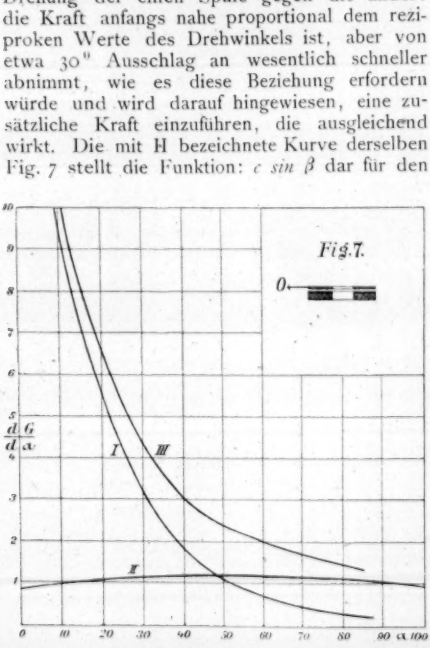

Fig. 7.

Bereich $\beta = 34°$ bis $\beta = 134°$ und man erkennt, dass sich durch Addition der Ordinaten beider Kurven I und II eine dritte III ergiebt, die ihrem ganzen Verlaufe nach recht nahe der Bedingung entspricht, dass die Ordinaten dem reziproken Werte der Abszissen proportional sind. Sonach genügt es zur Erzielung einer gleichförmigen Skala, den durch die Flachspulen erzeugten Feldern ein weiteres festes Feld überzulagern, das ein nahezu dem $\sin(\alpha + c)$ proportionales Drehmoment liefert. Ein derartiges Feld lässt sich erzeugen durch eine verhältnismässig breite, nicht sehr hohe ovale Spule, wie sie in Fig. 8, mit S_1 bezeichnet, dargestellt ist. Dieselbe Fig. 8 giebt die ganze Disposition des neuen Elektrodynamometers und zeigt auch

1) Die Kurve beginnt nicht mit $\alpha = 0$, da sich die beiden Spulen praktisch nicht bis zur Koinzidenz ihrer Mittelebene nähern lassen.

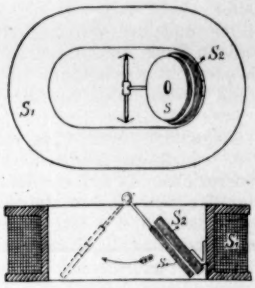

Fig. 8.

die beiden Flachspulen, deren eine feste S_2 um etwa 45° gegen das Feld von S_1 verdreht ist, wie dies den in Fig. 7 dargestellten Kurven entspricht.

Die sonstige Einrichtung des fertigen Elektrodynamometers ist aus Fig. 9 ersichtlich und es

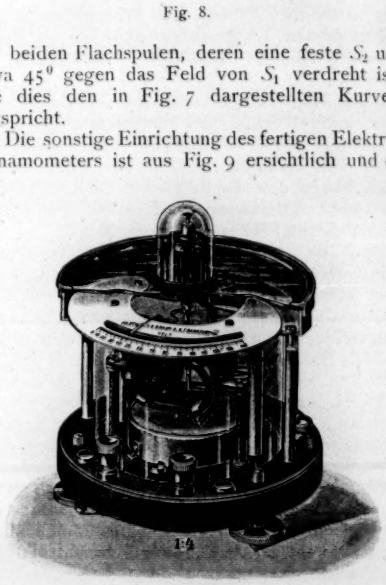

Fig. 9.

sei zunächst darauf hingewiesen, dass hier das Flachspulsystem doppelt vorhanden ist und zwar in der Weise angeordnet, dass sich das eine System wie in Fig. 8 innerhalb der grossen festen Spule, das andere aber diesem diametral gegenübergestellt, hinter derselben befindet, so dass es auf dem Bilde nur wenig sichtbar ist. Man erhält damit einmal ein ausbalanziertes bewegliches System und kann ausserdem die Schaltung so treffen, dass beide beweglichen Spulen sich zu einem astatischen Paare ergänzen, das von Fremdfeldern nicht beeinflusst wird. Abgesehen von den drei festen Spulen, welche durch seitlich gestellte Säulen aus schlecht leitendem Metall gehalten werden, und, wenn es sich um stärkere Ströme handelt, aus

einer Reihe parallel geschalteter Windungssysteme bestehen, ist der Aufbau des ganzen Instrumentes, die Aufhängung des drehbaren Spulenpaares, die Torsionsfeder, Dämpfungseinrichtung und Arretierung in ähnlicher Weise ausgeführt, wie bei dem oben beschriebenen Wattmeter. Man muss jedoch aus naheliegenden Gründen hier davon absehen, einem Dynamometer mehrere Strommessbereiche zu geben. Schaltung und Wickelung der Spulen richten sich nach dem Messbereich und bezüglich dieses gelten 0,5 bis 15 Milliamp. als untere und 1 bis 25 Amp. als obere Grenze. Für Messungen bis 2 Amp. werden alle Spulen in Serie geschaltet, für höhere Stromstärken dagegen das bewegliche System parallel zu den festen angeordnet und dabei nach bekannten Regeln der Ohmsche und der induktive Widerstand beider Zweige so bemessen, dass das Instrument bei Gleichstrom und bei Wechselstrom dieselben Ablesungen liefert. Das Dynamometer für Schwachstrom kann natürlich auch als Spannungsmesser benutzt werden unter Hinzuziehung eines induktionsfreien Widerstandes, der im Fusse des Instruments Platz findet. Eine günstige Anordnung für diesen Zweck ist die folgende: Widerstand aller Instrumentspulen ca. 800 Ohm, Stromverbrauch für den Maximalausschlag ca. 17 Milliamp. Widerstandszunahme durch Selbstinduktion bei Verwendung von Wechselstrom von 50 Perioden: 1,75 Proz. Wird dieses Instrument dann mit einem Vorschaltwiderstand für 120 Volt versehen, so beträgt die Abweichung zwischen Gleich- und Wechselstrommessung nur noch 0,2 Proz. Gleich dem Wattmeter und aus demselben Grunde wie dieses kann auch das Elektrodynamometer vorteilhaft für Spiegelablesung eingerichtet werden und gestattet dann, Ströme bis zu 0,00001 Amp. herab nachzuweisen.

Im Anschlusse an die beiden vorstehenden Instrumente sei jetzt noch ein anderes kurz beschrieben, das ebenfalls bei Wechselstrommessungen gute Dienste leistet, für dessen Konstruktion jedoch — wenngleich sich dieselbe an diejenige eines Wattmeters anschliesst — noch andere, wie die oben besprochenen Gesichtspunkte in Betracht kommen. Dieses Instrument soll dazu dienen, die Phasenverschiebung zwischen zwei Wechselströmen gleicher Periodenzahl unabhängig von Strom und Spannung direkt auf einer Skala anzuzeigen und kann, wie ich bereits früher [1]) dargelegt habe, als Doppelwattmeter mit zwei gegeneinander verdrehten beweglichen Spulen konstruiert werden. Beträgt der Winkel zwischen den Ebenen dieser beiden Spulen 90° und sind dieselben in einem festen homogenen Felde (Fig. 10) drehbar, so folgt zunächst, dass auf die eine ein Drehmoment proportional dem $\sin \alpha$ und

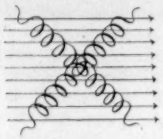

Fig. 10.

auf die andere ein solches proportional $\cos \alpha$ ausgeübt wird, wenn α den Winkel bezeichnet, den das Feld der einen beweglichen Spule mit dem festen Felde bildet. Legt man beide beweglichen Spulen an die nämliche Spannung, nachdem der einen ein grosser, induktionsfreier Widerstand, und der anderen ein stark induktiver Widerstand vorgeschaltet wurde, so erhält man, wenn die erste Spule in Phase mit der Spannung, die zweite aber um 90° gegen diese verschoben ist, als Drehmomente:

$$H \cdot h_1 \cdot \cos\varphi \cdot \sin\alpha \quad \text{und} \quad H \cdot h_2 \sin\varphi \cdot \cos\alpha,$$

wo H, h_1, h_2 das feste und die beiden beweglichen Felder bezeichnen und φ der Phasenverschiebungswinkel ist zwischen dem festen Felde und der Spannung, an welche das bewegliche System angeschlossen wurde. Schaltet man ferner so, dass die beiden Drehmomente einander entgegengesetzt gerichtet sind und ordnet das drehbare Spulenpaar derart in dem festen Felde an, dass ausser den elektrodynamischen keine weiteren Richtkräfte vorhanden sind, so erhält man als Gleichgewichtsbedingung:

$$(5) \qquad H \cdot h_1 \cos\varphi \sin\alpha = H h_2 \sin\varphi \cos\alpha,$$

woraus

$$(5a) \qquad tg\,\varphi = \frac{h_1}{h_2} \cdot tg\,\alpha = c \cdot tg\,\alpha$$

folgt, da sich die Felder h_1 und h_2, als von Strömen herrührend, die einander parallel geschaltet sind und durch die gleiche Spannungsdifferenz erzeugt werden, bei gegebenem konstantem Widerstand der beiden Parallelzweige nur durch einen konstanten Faktor unterscheiden. Macht man durch geeignete Wahl der Verhältnisse die Konstante $c = 1$ und verbindet mit dem drehbaren System einen vor einer Skala spielenden Zeiger, so wird der letztere direkt in Bogengraden die Phasenverschiebung zwischen dem das feste Feld erzeugenden Strom und der Spannung, an welche die gekreuzten Drehspulen gelegt sind, anzeigen, sobald man α von der Richtung an zählt, für welche das gegen die Spannung unverschobene, bewegliche Feld mit dem festen Felde koinzidiert. Die Angaben des Instruments sind dabei nach

1) Berl. E. Z. 1898, S. 476.

Gleichung 5a von der Grösse des Messstromes und der Messspannung unabhängig.

Ein unter Zugrundelegung der vorstehend entwickelten Beziehungen konstruierter, direkt zeigender Phasenmesser erfordert die Verschiebung des einen Zweigstromes um genau 90° gegen die Spannung und, wenngleich es verschiedene Möglichkeiten giebt, eine „Kunstphase" von 90° herzustellen, so würde es doch eine Vereinfachung in der Konstruktion und Justierung des Apparates bedeuten, wenn sich derselbe auch ohne genau 90° betragende Kunstphase herstellen liesse. Dies ist in der That der Fall, wenn man die nachstehend beschriebene Einrichtung trifft, die auch bei allen neueren, von der Firma Hartmann & Braun, A.-G., hergestellten Phasenmessern zur Anwendung kommt:

Es sind zunächst an Stelle der beiden sich kreuzenden Spulen des drehbaren Systems vier solcher verwendet, die beiderseits der Achse in zwei aufeinander senkrechten Ebenen liegen (Fig. 11), so dass sie einzeln um je 90° gegen-

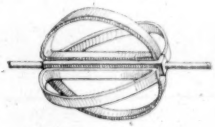

Fig. 11.

einander versetzt erscheinen. Die Spulen haben Halbkreisform und werden mit ihrer geraden Seite an der Achse befestigt. Sie sind gemäss Schema, Fig. 12 in zwei Gruppen einander parallel

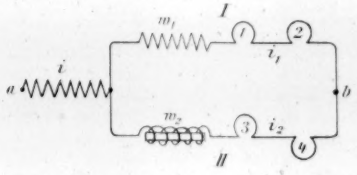

Fig. 12

geschaltet, so dass je zwei um 90° gegeneinander versetzte Spulen zu einer Gruppe gehören und dass in jedem der Parallelzweige sich noch ein Widerstand befindet, der in einem Falle induktionsfrei und im anderen Falle stark induktiv sein soll. Es ist also der eine Strom i_2 gegen den anderen i_1 um einen gewissen Winkel in der Phase verschoben, oder, man kann auch sagen, i_1 ist gegen den unverzweigten Strom i um einen Winkel γ_1 nach vorwärts, i_2 aber gegen i um einen anderen Winkel γ_2 nach rückwärts verschoben. Die Stromrichtung wird für die einzelnen Spulen so gewählt, dass bei erregtem Hauptstromfeld drei derselben ein Drehmoment in gleichem, die vierte aber ein solches in entgegengesetztem Sinne liefert, wie ebenfalls in Fig. 12 schematisch angedeutet ist. Wird nun noch der ganzen Verzweigung ein so hoher induktionsfreier Widerstand vorgeschaltet, dass man den unverzweigten Strom i als in Phase mit der Spannung $a - b$ voraussetzen darf, so erhält man, wenn wie oben φ den gesuchten Winkel der Rückwärtsverschiebung des festen Hauptstromfeldes gegen die Spannung $a - b$ und α den Winkel bezeichnet, um welchen das Feld der Spule 1 gegen dieses Feld geneigt ist und wenn n_1 die Windungszahl der Spulen 1 und 3, n_2 diejenige der Spulen 2 und 4 ist, für die vier beweglichen Spulen folgende Drehmomente:

$$(6)\quad \begin{aligned} D_1 &= -n_1 \mathfrak{F} i_1 \cdot \cos(\varphi + \gamma_1) \sin\alpha \\ D_2 &= -n_2 \mathfrak{F} i_1 \cdot \cos(\varphi + \gamma_1) \cos\alpha \\ D_3 &= -n_1 \mathfrak{F} i_2 \cdot \cos(\varphi - \gamma_2) \sin\alpha \\ D_4 &= +n_2 \mathfrak{F} i_2 \cdot \cos(\varphi - \gamma_2) \cos\alpha \end{aligned}$$

Wirken keine weiteren wie diese elektrodynamischen Richtkräfte auf das drehbare System und wählt man den Widerstand und die Selbstinduktion beider Zweige so, dass der scheinbare Widerstand

$$w_2 = w_1, \quad \text{oder} \quad i_2 = i_1$$

wird und also beide Ströme um den gleichen Winkel γ, der eine nach rückwärts, der andere nach vorwärts gegen i verschoben sind, so erhält man als Gleichgewichtsbedingung

$$(7)\quad \begin{aligned} &n_1 \mathfrak{F} i_1 \cdot \sin\alpha \{\cos(\varphi + \gamma) + \cos(\varphi - \gamma)\} + \\ &n_2 \mathfrak{F} i_1 \cos\alpha \{\cos(\varphi + \gamma) - \cos(\varphi - \gamma)\} = 0 \end{aligned}$$

oder

$$2 \mathfrak{F} i_1 \{n_1 \sin\alpha \cdot \cos\varphi \cdot \cos\gamma - n_2 \cos\alpha \cdot \sin\varphi \cdot \sin\gamma\} = 0,$$

woraus:

$$tg\,\varphi = \frac{n_1}{n_2}\, cotg\,\gamma \cdot tg\,\alpha$$

folgt, oder bei konstantem γ

$$(8)\quad tg\,\varphi = const.\ tg\,\alpha.$$

Man hat also auch hier Unabhängigkeit von Messstrom und der Messspannung. — Unter Zugrundelegung dieser in (8) gegebenen Bedingungsgleichung wird die spezielle Konstruktion des Phasenmessers, von dem Fig. 13 die Form für Schalttafeln zeigt, wie folgt ausgeführt:

Zwei kreisförmige, feste, frei gewickelte Spulen, welche durch Platten aus isolierendem Material gehalten werden, liefern zusammen das Hauptstromfeld mit horizontal verlaufenden Kraftlinien. Diese Spulen sind unmittelbar aneinander gesetzt, aber oben und unten mit Einbiegungen versehen, so dass hier Platz für die hindurchtretende vertikale Drehachse ge-

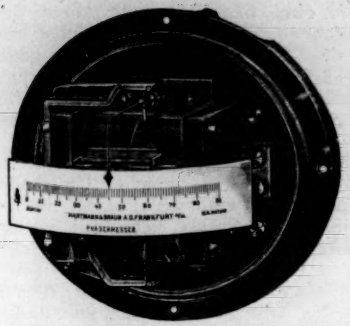

Fig. 13.

geben ist. Letztere trägt die oben beschriebenen vier Halbspulen, die sich zu zwei Kreisen ergänzen und wesentlich kleiner dimensioniert sind, wie der Durchmesser des festen Feldes gestatten würde; kleiner deshalb, um einmal nur den mittleren, nahe homogenen Teil dieses Feldes für die Wechselwirkung zu benutzen und dann auch, um einen möglichst grossen Abstand von den Metallmassen der festen Spulen zu haben und gegen Störungen durch Wirbelströme gesichert zu sein. Der Träger der Spitzen, durch welche die Lager an den Enden der Drehachse geführt werden, ist aus schlechtleitendem Metall hergestellt und einseitig angeordnet, so dass die eine von den beiden festen Spulen ohne weiteres fortgenommen und damit das bewegliche System zugänglich gemacht werden kann. Die Lager selbst bestehen aus sehr harten Edelsteinen und drehen sich um die hochpolierten, festen Stahlspitzen, die infolge dieser Konstruktion ohne Demontierung des Apparates nachgesehen werden können. Die drei Stromzuleitungen, welche für die drehbaren Spulen erforderlich sind, werden durch sehr dünne Blattgoldstreifen vermittelt, die keine irgendwie in Betracht kommenden Richtkräfte ausüben. Der induktionsfreie Vorschaltwiderstand des einen Zweiges, sowie der induktive des anderen sind fest im Gehäuse des Instruments untergebracht. Letzterer besteht hier in einem magnetisch nahe geschlossenen viereckigen Rahmen aus lamelliertem Eisen mit Spulen auf den Längsseiten und hat eine solche Lage, dass er die wirksamen Felder nicht merklich stört. Der mit der Drehachse verbundene Zeiger ist vertikal nach unten abgebogen und spielt vor einer kreisförmigen Skala, auf der man direkt den Phasenverschiebungswinkel abliest. Die Strom- und Spannungsklemmen befinden sich auf der Rückseite des Instruments.

Da der oben erwähnte induktive Widerstand einen Phasenverschiebungswinkel von nahezu 60^0 zwischen den beiden Zweigströmen des beweglichen Systems liefert und also hier $cotg\,\gamma$ etwa $= 2$ ist, so wird, wenn einem Bogengrad auf der Instrumentskala auch ein Grad Phasenverschiebung entsprechen soll, das Verhältnis $n_1 / n_2 = {}^1/_2$ gemacht. Im übrigen hat man es durch die Wahl von γ, n_1 / n_2 und die Disposition der Felder zueinander in der Hand, die Skala ihrem Verlauf und ihrer Grösse nach beliebig zu modifizieren. Natürlich ist der Verschiebungswinkel γ_2 nur für eine bestimmte Periodenzahl eine Konstante, so dass die Instrumentskala auch nur für diese genau richtig sein kann.

Diese Phasenmesser werden normal für Maximalströme bis 50 Amp. und Spannungen bis 200 Volt gebaut und bei höherer Beanspruchung mit Transformatoren verbunden, die so konstruiert sind, dass durch die Transformation die in Betracht kommenden Phasenverhältnisse nicht geändert werden.

Ausser dem Schalttafelinstrument wird auch noch ein transportabler Phasenmesser für den Laboratoriumsgebrauch hergestellt, der in seiner inneren Einrichtung dem ersteren ziemlich genau gleicht; nur ist noch eine Einrichtung getroffen, die ermöglicht, den Apparat für verschiedene Periodenzahlen zu benutzen: Mit der Periodenzahl ändert sich Winkel γ_1 und γ_2, beziehungsweise der scheinbare Widerstand des Zweiges II (Fig. 12) und die Gleichung 8 nimmt die Gestalt an: $tg\varphi = a \cdot tg\alpha + b$. Durch gleichzeitige Änderung der Ohmschen Widerstände in den Zweigen I und II kann jedoch die ursprüngliche einfache Beziehung (8) genau wieder hergestellt werden und für die Praxis genügt es, lediglich w_1 zu verändern. Zu diesem Zwecke ist ein kleiner durch Kurbeldrehung regulierbarer Widerstand in den Zweig I eingeschaltet (s. Schema, Fig. 14), dessen 10 Stufen einer Änderung um je 2 Perioden entsprechen, da

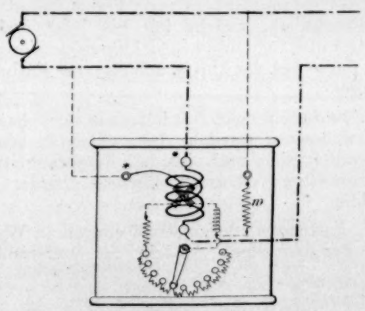

Fig. 14.

unterhalb dieses Intervalls Abweichungen in der Anzeige des Instruments kaum merklich sind, und der gemäss der gerade vorliegenden Periodenzahl eingestellt werden muss. In normaler Ausführung ist dieser Regulierwiderstand für die Periodenzahlen 40 bis 60 pro Sekunde eingerichtet.

Aus Fig. 14 ist auch der Anschluss eines derartigen Phasenmessers an eine Wechselstromleitung ersichtlich; handelt es sich um Messungen an einem Drehstromsystem, so ist statt des einfachen Vorschaltwiderstandes im Spannungszweig ein sternförmiger Nullpunktswiderstand zu verwenden, s. Schema, Fig. 15, das

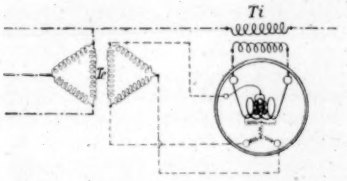

Fig. 15.

auch die Schaltung bei Benutzung eines Strom- und Spannungstransformators, z. B. in Hochspannungsanlagen, zeigt.

Wie oben bemerkt wurde, dient der hier beschriebene Phasenmesser zunächst zur Anzeige des Winkels, um welchen ein gegebener Wechselstrom gegen seine Spannung rückwärts verschoben ist; es steht jedoch prinzipiell nichts im Wege, das Instrument auch für eine Vorwärtsverschiebung des Stromes gegen seine Spannung zu benutzen; in diesem Falle ändert sich aber unter sonst gleichen Umständen die Richtung des Zeigerausschlages, der, wenn früher von links nach rechts, jetzt mit wachsender Vorwärtsverschiebung von rechts nach links erfolgt. Dreht man daher bei einem sonst normal eingerichteten Instrument den Zeiger gegen das bewegliche System so, dass er für die Verschiebung o in der Mitte der Skala einspielt, so kann man durch Ausschlag nach beiden Seiten Vorwärts- und Rückwärtsverschiebungen bis zum Betrage von 45^0 messen. In Konstruktion befindet sich ein transportabler Phasenmesser für Laboratoriumsgebrauch, bei welchem ausser dem Ersatz des Eisen enthaltenden induktiven Widerstandes im Zweige II durch einen solchen ohne Eisen, auch eine 180 Bogengrade lange Skala vorgesehen ist, welche Vor- oder Rückwärtsverschiebungen eines Stromes gegen seine Spannung bis zum Betrage von 90^0 zu messen gestattet.

(Eingegangen 18. November 1903.)

VORTRÄGE UND DISKUSSIONEN VON DER 75. NATURFORSCHERVERSAMMLUNG ZU KASSEL.

E. Raehlmann (Weimar). **Ultramikroskopische Untersuchungen über Farbstoffe und Farbstoffmischungen und deren physikalisch-physiologische Bedeutung.**[1])

Bei der Untersuchung von Farbstoffen in wässeriger Lösung bei intensiver seitlicher fokaler Beleuchtung, wie sie das neue Mikroskop von Siedentopf und Szigmondy liefert, lassen sich die Ergebnisse, welche ich bis jetzt erzielen konnte, unter folgenden Gesichtspunkten ordnen. Man findet bei der Untersuchung von Farbstofflösungen

1. Farbstoffe, wie sie vielfach in der Aquarellmalerei benutzt werden, deren Teile in Wasser suspendiert sind und sich bei längerem Stehen zum grössten Teil oder gänzlich wieder ausscheiden.

2. Farbstoffe, deren Auflösungen in Wasser nach der bisherigen Ansicht für vollkommene chemische Lösungen gelten. Diese letzteren gruppieren sich nach den Ergebnissen der neuen Untersuchungsmethode nach folgenden Richtungen:

a) Solche Farbstoffe, deren kleinste Teilchen bei fortschreitender Verdünnung mit Wasser so lange nachweisbar, d. h. als getrennte Partikelchen sichtbar sind, als die Flüssigkeit makroskopisch noch gefärbt erscheint;

b) solche Farbstoffe, bei deren fortschreitender Verdünnung eine Grenze für die Sichtbarkeit der feinsten Teilchen eintritt, obwohl die Flüssigkeit noch deutliche Färbekraft besitzt;

c) solche Farbstoffe, welche neben gröberen (aber noch ultramikroskopischen) kleineren und kleinsten Teilchen noch einen Strahlenkegel erkennen lassen, der aber nicht mehr auflösbar ist, d. h. in welchem keine materiellen Teilchen bei der bis jetzt erreichbaren Beleuchtungsstärke zu erkennen sind.

Zwischen a, b und c stehen dann

d) diejenigen Farbstoffe, deren kleinste Teil-

[1]) Abteilung 22, am 23. September 1903. Die Untersuchungen sind angestellt im Laboratorium der Karl Zeiss-Stiftung in Jena.

chen so zahlreich nebeneinander sich befinden, dass sie bei mittlerer Verdünnung etwa von 1 zu 100000 noch einen Strahlenkegel von homogenem bis feinstaubförmigem Aussehen bilden, der dann bei weiterer Verdünnung in eine Unmenge kleinster Teilchen mit deutlichem Abstande zerfällt.

Endlich finden sich Farbstoffe resp. mit ihnen gefärbte Flüssigkeiten (namentlich unter den Anilinfarben), in welchen keinerlei Teilchen zu entdecken, die also bei der von mir angewandten Beleuchtungsintensität als optisch leer zu betrachten sind.

Zwischen den einfachen Suspensionen von Farbstoffen und diesen optisch leeren Lösungen lassen sich, nach dem Gesagten, mittels des neuen Mikroskops in einer grossen Anzahl von Fällen Farbstoffe, die bisher für völlig gelöst galten, in materiellen Teilchen nachweisen, so dass das Grenzgebiet zwischen Suspension und Lösung um ein Beträchtliches weiter, nach molekularen Grössen hin, übersehen werden kann.

Die unter 1 erwähnten Teilchen der in Wasser suspendierten Farbstoffe können bekanntlich zum Teil schon mittels des gewöhnlichen Mikroskops sichtbar gemacht werden. Sie erscheinen dann als ungefärbte mehr oder weniger dunkle Körper, deren farbige Eigenschaften nicht erkannt werden können. Bei der neuen Untersuchungsmethode werden sie im Fokus der Beleuchtung in ihrer Eigenfarbe selbstleuchtend.

Infolgedessen können Farbstoffe auf ihre Reinheit untersucht und fremde Beimischungen in einer bestimmten Farbflüssigkeit direkt erkannt werden.

Neben den grösseren Teilchen werden aber eine grosse Menge kleinerer und kleinster Bestandteile, welche den bisher möglichen mikroskopischen Vergrösserungen nicht zugänglich waren, infolge der starken Beleuchtungsintensität in ihrer Eigenfarbe sichtbar.

Einzelne Farbstoffe, auf diese Weise in Suspension oder Lösung untersucht, zeigen als feinsten Bestandteil ein einziges charakteristisches Teilchen von derselben ganz bestimmten Farbe. Andere Farbstoffe, darunter auch solche, die für chemisch rein gelten, bestehen thatsächlich aus mehreren drei, vier oder mehr verschiedenfarbigen Teilchen, welche im Gesichtsfelde mosaikartig durcheinander wirbeln. Diese verschiedenfarbigen Teilchen bilden sich wegen der Kleinheit des Gesichtswinkels, den sie zu mehreren einschliessen, auf ein und derselben Einheit der Netzhaut des Auges ab und bringen so diejenige Mischfarbe hervor, welche dem angewandten Farbstoffe, der in Wasser aufgelöst worden ist, makroskopisch zukommt.

Da die in ihrer Eigenfarbe sichtbaren kleinsten Teilchen bis zu einer Grösse von 5—10 $\mu\mu$, welche etwa $^1/_{50}$ Wellenlänge des gelben Lichtes gleichkommt, sichtbar werden, ist es möglich, die Farbe an der Materie bis zur Feinheit eines Grössenvolumens zu verfolgen, welches unserer jetzigen Vorstellung von den Molekülen jedenfalls sehr nahe kommt.

Die Auflösung jedes Farbstoffes in die Komponenten seiner Färbung gestattet einen ganz ungeahnten Einblick in die physikalische und physiologische Natur der Farbe und ist von der grössten Wichtigkeit für unsere Vorstellung von der Farbenmischung.

Die Teilchen der in Wasser gelösten resp. suspendierten Farbstoffe führen fortwährend Bewegungen aus, die nie zur Ruhe kommen und für jeden Farbstoff eigenartig zu sein scheinen.

Diese Bewegungen sind bei den kleinsten Teilchen, die das Licht noch polarisieren, also unter $^1/_{40}$ μ gross sind, vibrierend bis pendelnd, andere Teile scheinen Bogen zu beschreiben. Die Bewegungen sind in ihrer Exkursion und wohl auch in ihrer Form abhängig von der relativen Grösse der Teile, dann aber auch von der Substanz selbst, d. h. von der Eigenbeschaffenheit des Farbstoffes. Diese Bewegungen scheinen nach beiden Richtungen ihrer Abhängigkeit bei verschiedener Konzentration der Lösung verschieden zu sein, also auch durch den Abstand der Teilchen voneinander beeinflusst zu werden.

Welche Kräfte diese Bewegungen hervorrufen und welche Beziehung sie zu den Brownschen Molekularbewegungen haben, lässt sich zunächst nicht sagen — doch scheint die Verteilung der Farbstoffpartikel in der wässerigen Lösung, die Form der Bewegung und ihre Abhängigkeit von der Masse des Teilchens dafür zu sprechen, dass wir es mit Anziehungen, resp. Abstossungen der Teile unter sich zu thun haben, welche elektromagnetischer Natur sind; dafür spricht namentlich das Verhalten der Teile dem konstanten Strome gegenüber, von dem noch weiter die Rede sein soll.

Von besonderem Interesse ist die Untersuchung der Mischfarben, welche durch Vermengung zweier oder mehrerer Farbstofflösungen zustande kommen. Am wichtigsten erscheint hier die Entstehung des Grün aus Gelb und Blau.

Die Bildung der grünen Farbe geschieht hier unter Bedingungen der Mischung, wo wir nach physiologisch-optischen Gesetzen weiss resp. grau erwarten sollten.

Eine befriedigende Erklärung für dieses Verhalten ist bisher nicht beigebracht worden. Die herrschende Meinung ist die, dass jede gelbe und jede blaue Farbe einen grünen Farbstoff neben sich enthalte und dass (wenigstens bei der Mischung von Farbpulvern oder Ge-

mengen, z. B. von Ölfarben) Gelb und Blau sich aufhebt (Weiss liefert) und Grün übrig bleibt. Diese Vorstellung ist ziemlich allgemein, obwohl die Erfahrung lehrt, dass das aus bestimmten (nicht aus beliebigen) gelben und blauen Farben entstehende Grün eine Tiefe und Leuchtkraft der Farbe besitzt, welche die analogen Eigenschaften der zur Mischung verwendeten Farben weit übertrifft und daher kaum als übrig bleibender Rest erklärt werden kann.

Derselbe Einwand lässt sich auch erheben, wenn man auf Grund der spektroskopisch zu beobachtenden Absorption in Farblösungen die Mischungsfarben allein als Selektionsfärbungen erklären wollte (vergl. weiter unten).

Dass die erstere Annahme nicht zutrifft, können wir unserer Untersuchung direkt entnehmen, indem die meisten gelben und blauen Farben, wie z. B. Preussischblau und Naphtholgelb oder Gummi-Gutt und Ultramarin nur einfarbige kleinste Teilchen blaue resp. gelbe, aber keine grünen bei sich haben. Wir sehen vielmehr direkt, dass bei der Vermischung dieser Farben das Grün erst in der Mischung entsteht.

In einer Reihe von Fällen handelt es sich dabei um eine Nebeneinanderlagerung der den ungemischten Farben zukommenden Teilchen, so dass eine Mosaik durcheinander wirbelnder kleinster Lichter entsteht, deren Eigenfarbe den ursprünglichen Komponenten entspricht — die Mischfarbe entsteht dann wieder durch physiologische Farbenmischung, indem mehrere der durcheinander gelagerten Lichtpunkte auf derselben Scheinheit der Netzhaut des Auges sich abbilden. Dabei spielt die andauernde Bewegung der Teilchen, bei welcher die farbigen Lichtpunkte stetig ihren Ort verändern, wahrscheinlich eine die subjektive Farbenmischung erheblich fördernde Rolle. Wahrscheinlich ist auch das Glänzende des Farbeneindrucks, den die Mischung zweier in Wasser gelöster Farbstoffe hervorbringt, mit von diesem Faktor der Bewegung der farbigen Teilchen abhängig.

So verhalten sich z. B. die Mischungen folgender Farbstoffe: Chromgelb und Ultramarin, Chromgelb und Preussischblau, Karmin und Chromgelb, Kadmium und Ultramarin, Kadmium und Preussischblau, Preussischblau und Gummi-Gutt u. s. w. Die Mischungen zeigen in all diesen Fällen die charakteristischen Teilchen, welche den ungemischten Lösungen resp. Suspensionen zukommen ohne Veränderung nebeneinander.

Andere Farbstoffe und zwar besonders diejenigen, welche das schönste Grün geben, verhalten sich nun aber in den Mischungen ihrer wässerigen Lösungen gänzlich anders, indem die Farbe der Teilchen in der Mischung sich verändert. Diese Veränderungen lassen sich naturgemäss am genauesten an den Mischungen solcher Farbstoffe untersuchen, von denen jeder nur ein einziges charakteristisches Teilchen besitzt, so dass in der Mischung nur zwei Komponenten in Frage kommen.

Unter den von mir untersuchten Farbstoffen, über welche ich in Nr. 16 der „Ophthalmologischen Klinik", Aug. 1903, berichtet habe, waren namentlich zwei, welche sich durch besondere Reinheit ihrer kleinsten Bestandteile auszeichneten, nämlich in erster Linie das Preussischblau und dann das Naphtholgelb. Beide Farbstoffe schienen sich deshalb zur Erforschung des Zustandekommens und des Charakters der Mischfarben besonders zu eignen.

Die kleinsten Teilchen des Preussischblau sehen bei stärkster Konzentration der Lösung, bei welcher die Beleuchtung des Mikroskops noch wirkt, rein blau aus, bei einer gewissen Verdünnung werden die Teilchen blauviolett, und bei den Verdünnungen, welche ich zur Mischung benutzte, haben sie eine schöne rotviolette Farbe. Die Teilchen des Naphtholgelb sehen bei der in Frage kommenden Verdünnung hell messinggelb aus.

Mischt man die beiden genannten Farbstoffe, indem man eine Lösung von Preussischblau und eine Lösung von Naphtholgelb in dem Verhältnis zusammengiesst, dass die Mischung eine deutliche und intensive grüne Farbe zeigt, so zeigt die Mischung unter dem Mikroskop jetzt ganz veränderte Teile.

Die violettroten Teile des Preussischblau sind gelbrot geworden und die früher messinggelben Teile des Naphtholgelb sind jetzt intensiv grün.

An den Bewegungen der Teile scheinen keine wesentlichen Veränderungen eingetreten zu sein und auch die Grössen- und Mengenverhältnisse sind anscheinend die gleichen, nur die Farbe hat sich verändert. Die Mischung, welche makroskopisch eine gesättigte grüne (etwas gelbgrüne) Farbe besitzt, besteht aus lauter kleinsten gelbroten und grünen Teilchen, deren Abstand voneinander so gering, dass sie — in der Mischung — zu mehreren auf einer Scheinheit der Netzhaut, einem Zapfenquerschnitt, sich abbilden.

Es entsteht also im Auge eine physiologische Farbenmischung aus unendlich kleinen Lichtkomponenten, im beschriebenen Falle aus der gelbroten Preussischblaukomponente und der grünen Naphtholgelbkomponente.

Wie aber kommt die Farbenveränderung der beiden Komponenten in der Mischung zustande, d. h. welche Kräfte sind wirksam, wenn das blauviolettrote Preussischblauteilchen in der Mischung mit Naphtholgelb gelbrot und das

Naphtholgelbteilchen in derselben Mischung grün wird?

Denkbar wäre eine gegenseitige Beeinflussung der Teile durch Reflexion, indem das von gelben Teilchen reflektierte Licht von seiner Eigenfarbe dem violettroten mitteilte und umgekehrt. Aber die Einrichtung der Beleuchtung im Verhältnis zu dem Öffnungswinkel der Objektive ist eine solche, dass die gegenseitige Beeinflussung benachbarter Teilchen durch reflektiertes Licht so gut wie ausgeschlossen ist, indem das auf ein Teilchen *a* von einem Teilchen *b* durch Reflexion treffende Licht nur etwa $^1/_{2000}$ der Leuchtkraft des Teilchens *b* sein kann, wie durch Rechnung leicht festgestellt wird.

Man könnte zweitens an eine Kontrastempfindung von seiten des Auges denken, indem in einem wesentlich roten Felde ein gelbes Teilchen grünen Farbenton zeigen muss, und umgekehrt. Allein für eine solche Kontrastwirkung ist die farbige Fläche (d. h. das Gesichtsfeld des Mikroskops) nicht einheitlich farbig genug, so dass an eine Beeinflussung der Farbe durch Kontrastwirkung in diesem Falle nicht zu denken ist.

Eine dritte Möglichkeit, die Farbenveränderung der Teilchen zu erklären, wäre die Annahme einer chemischen Reaktion der gemischten Farbstoffe durch materielle Umsetzung in Körper mit anderen Farbeneigenschaften. Gegen diese Annahme spricht speziell bei der Mischung der gewählten Farbstoffe der Umstand, dass die Teilchen in der Mischung dieselbe Form und Bewegung behalten zu haben scheinen, dann aber das Resultat der später zu erwähnenden elektrolytischen Trennung der Farbstoffe in die ursprünglichen Komponenten.

Eine vierte Möglichkeit, welche in Betracht kommt, wäre eine Selektionsfärbung der Teilchen durch die Flüssigkeit, in welcher sie sich befinden.

In dieser Beziehung ist das spektroskopische Verhalten sowohl der beiden Komponenten als auch der aus ihnen hervorgehenden grünen Mischung von Wichtigkeit.

Dieses Verhalten wurde bestimmt für verschiedene Konzentration der Lösungen und bei diffuser Tageslichtbeleuchtung:

1. Preussischblau in konzentrierterer Lösung zeigt das Rot von der Wellenlänge 0,71 bis 0,64 μ, dann Grün von 0,52 μ an; dann das ganze Blau und Violett. Das Gelb fehlt vollständig, Grün ist geschwächt; Blau und Violett ist sehr hell.

2. Naphtholgelb zeigt das ganze Rot, ferner Gelb und Grün, löscht aber das ganze Blau und Violett etwa von der Wellenlänge 0,5 μ ab vollständig aus.

3. Grün aus Preussischblau und Naphtholgelb in konzentrierter Lösung löscht einen kleinen Teil des äussersten Rot etwa bis zur Wellenlänge 00,7 μ aus, ausserdem das ganze Blau und Violett. Die Mischung zeigt also spektroskopisch das ganze Rot, dann Gelb und Grün.

Man könnte aus diesem spektroskopischen Verhalten der Farbstoffe folgern, dass die Teilchen, die wir in den Lösungen und Mischungen sehen, Selektionsfärbungen zeigen, die von der Farbe der Flüssigkeit herrühren, resp. von der spektroskopischen Zerlegung des Lichtes durch letztere.

Bei der neuen mikroskopischen Untersuchung benutzen wir aber in den Lösungen, an denen wir die Farben der Teilchen studieren, solche Verdünnungen, dass die spektroskopisch für dichtere Schichten nachgewiesene Absorption hier nur in ganz geringem Grade zur Wirkung gelangen und für sich allein die Farbenveränderung der Teilchen in den Mischungen nicht zu erklären vermag. Abgesehen von der Verdünnung der Farblösung, benutzen wir bei der Untersuchung nur eine Flüssigkeitsschicht von 0,5 cm Dicke, da die Glaskammer unter dem Mikroskop nur 1 cm Querschnitt beträgt.

Wenn man die angewandten Farbflüssigkeiten bei dieser Verdünnung und in einer Schicht von 0,5 Centimeter Höhe spektroskopisch untersucht, so lassen die Farbflüssigkeiten alles Licht fast ungeschwächt hindurch mit Ausnahme des Blau und Violett, welches auch bei dieser Verdünnung durch Naphtholgelb und auch durch das betreffende Grün eine deutliche Schwächung erfährt.

Von der Farbwirkung einer solchen Lösung resp. Mischung kann man sich übrigens einen annähernd richtigen Begriff machen, wenn man derselben fremde ungefärbte Teilchen beimengt und auf deren Farbe achtet.

Für diesen Zweck eignen sich einige in die Gruppe der Kohlenhydrate gehörende Körper, welche in Wasser löslich sind, ganz besonders, namentlich das Glykogen.[1])

1) Das Glykogen ist ein aus der Leber gewonnener, dem Amylum nahestehender Körper, der sich in Wasser vollständig löst und sehr starke Cirkumpolarisation zeigt $(\alpha)\ \gamma + 226$. Die chemische Konstitution des Körpers wird zu $C_6\ H_{10}\ O_5$ angegeben, sein Molekulargewicht ist aber noch nicht genau bekannt. Er wird äusserst leicht in Zucker übergeführt. Die wässerige Glykogenlösung zeigt unter dem Mikroskop einen stark grauweiss glänzenden Strahlenkegel, in welchem keine Einzelheiten wahrnehmbar sind. Bei einer Verdünnung von 1 zu 300000 löst sich aber dieser Strahlenkegel in eine Unmenge kleinster Teilchen auf, welche fast alle gleich gross resp. klein erscheinen und eine grauweisse Farbe besitzen und sich äusserst rege in relativ raschen Oszillationen durcheinander bewegen. Bei einer Verdünnung auf 1 zu 3000000 sind in der Flüssigkeit noch einzelne Teilchen nachzuweisen. — Setzt man einer Glykogenlösung einige Tropfen einer Diastaselösung zu, so verschwinden die charakteristischen Teilchen des Glykogens fast momentan und an ihrer Stelle sind andere, viel grössere, nicht zu verwechselnde Teilchen in weit geringerer Anzahl — die Teilchen des Traubenzuckers und der Diastase — vorhanden.

Über diese Vorgänge werde ich demnächst an anderem

Setzt man einer Preussischblaulösung von der Konzentration, wie wir sie zur Untersuchung verwenden, etwas von einer Glykogenlösung mittlerer Konzentration, deren Teilchen bereits sichtbar sind, zu, so sind die viel kleineren sich lebhaft bewegenden Glykogenteilchen ohne weiteres unter den viel grösseren, violettroten, viel langsamer sich bewegenden Teilchen des Preussischblau zu erkennen; sie zeigen aber keine Färbung, sondern sind grauweiss wie zuvor.

Ganz dasselbe ist der Fall, wenn wir die verdünnte Glykogenlösung einem andern gelösten Farbstoff zusetzen. Erst bei viel konzentrierteren Lösungen, als wir sie zum Studium der Mischungen benutzen können, tritt die erste Spur einer Färbung an den zugemischten Teilchen auf.

Die Färbung der Mischung hat demnach auf die Veränderung der Farbe der Teilchen immer einen ganz geringen, kaum in Betracht kommenden Einfluss.

Zu einer befriedigenden Erklärung gelangen wir aber, wenn wir unter Berücksichtigung der erwähnten spektroskopischen Verhältnisse an Hüllbildungen denken, welche die Teilchen eines Farbstoffes aus den kleinsten Partikeln des anderen um sich herum bildeten.

Das Preussischblauteilchen würde dabei eine Stoffhülle aus Naphtholgelb und das Naphtholgelbteilchen eine solche aus Preussischblau erhalten.

Bei dieser Veränderung würde das Licht des Kernes des Preussischblauteils durch die ganz dünne gelbe Naphtholgelbhülle durchschlagen, immerhin die violettrote Farbe des Kernes durch Zumischung der Eigenfarbe der Naphtholgelbhülle in Gelbrot umgewandelt werden. Ganz ebenso würde das gelbe Licht des Naphtholgelbteilchens durch die dünne Einhüllung mit Preussischblau ein Blau zugemischt erhalten und darum grün erscheinen.

Bei dieser Farbenveränderung der Teilchen handelt es sich also nicht um eine Mischung der Substanz, sondern um eine physiologische Mischung der Farben, die der Kern des Teilchens einerseits und der Reflex der Hülle andererseits liefern.

Es wäre das physiologisch eine Farbenmischung aus zwei gesonderten Lichtern, welche auf dieselbe Stelle der Netzhaut einwirken. Physikalisch wäre diese Wirkung dieselbe, wie sie in der Malerei bei den sog. Lasuren erzielt wird, wo die Farbe des Grundes durch eine dünne oberflächliche durchsichtige Farbe durchschlägt, sich aber im Auge mit der von der durchsichtigen Schicht reflektierten Farbe mischt.

Es wäre dann aber, um die Veränderung der Farbstoffe in wässeriger Lösung zu verstehen, noch zu erklären, wie die Stoffhülle um jedes Teilchen herum zustande kommt.

Wir begeben uns damit auf das Gebiet der Theorien, welche die elektromagnetischen Kräfte der Moleküle betreffen und welche in der Neuzeit durch die Aufstellung der Ionentheorien eine greifbare Gestalt angenommen haben. Denken wir uns in den einzelnen Teilchen der beiden gelösten Farbstoffe die Moleküle elektrisch geladen, entsprechend der Vorstellung von Mie[1]) oder denkt man sich mit Faraday und Nernst[2]) die elektrisch geladenen Moleküle als Ionen, welche elektrische Kräfte auslösen, so würden wir den Vorgang der Stoffumhüllung sofort verstehen, wenn wir den Molekülen des einen Farbstoffes positive, den Molekülen des anderen Farbstoffes negative elektrische Eigenschaften zuschreiben könnten.

Der Spannungsausgleich würde erfolgen durch eine gegenseitige Anziehung, welcher die kleinsten Teilchen der Farbstoffe am leichtesten folgen würden.

Da wir mittels des neuen Mikroskops, resp. bei der neuen Beleuchtung kleinste Teilchen bis zur Grösse von circa 1 $\mu\mu$ noch zu sehen vermögen, dürfen wir die Vermutung hegen, dass ausser den kleinen und kleinsten Teilen, welche wir noch zu sehen vermögen, noch kleinere Teilchen im Wasser aufgelöst, resp. suspendiert sind, welche auch bei unserer mikroskopischen Untersuchungsmethode unsichtbar bleiben, aber denselben physikalischen Gesetzen wie die grösseren unterworfen sind. Ob man sich unter diesen kleinsten Teilchen freie Ionen vorstellen darf, bleibt dahingestellt, jedenfalls ist es in hohem Grade wahrscheinlich, dass diese Teile bei Voraussetzung der erwähnten elektromagnetischen Eigenschaften, im Wasser zu wandern (Kohlrausch) und sich um die grösseren Teilchen, die wir mit dem Mikroskop direkt sehen, so zu gruppieren vermögen, dass eine feine Hülle um die letzteren gebildet wird, welche Hülle dann die erwähnten physiologisch-optischen Eigenschaften der Farbenmischung herbeiführen könnte.

Wir hätten dann hier bei der Veränderung

Orte näher berichten, glaube aber, dass die Sichtbarkeit der kleinsten Teilchen in der Glykogenlösung einen weiteren Fortschritt in der Erkenntnis von Übergängen kleinster Stoffaggregate zu den Molekulargrössen bedeutet.

Es kann auch wohl keinem Zweifel unterliegen, dass die kleinsten Teilchen des Glykogens in ihrer gleichmässigen Gestaltung und charakteristischen Bewegung gleichmässig gebaute und gesetzmässig verteilte Molekulargruppen vorstellen, die, wenigstens in ihren Eigenschaften, den eigentlichen Molekülen schon sehr nahe kommen.

1) Mie, Die neueren Forschungen über Ionen und Elektronen. Sammlung elektrotechnischer Vorträge von Ernst Voit, Bd. IV, 1903.

2) Nernst, Über die Bedeutung elektrischer Methoden und Theorien für die Chemie. (Vortrag auf der 73. Naturforscherversammlung in Hamburg. Göttingen, Vandenhoeck & Ruprecht, 1901.) Diese Zeitschr. **3**, 63, 1901.

der Farbstoffe ganz denselben physikalischen Vorgang, wie wir ihn nach Thomson und Townsend als Ursache der Nebel- und Wolkenbildung auffassen müssen.

Nach den genannten Forschern kommt die Nebelbildung durch Dunst- resp. Nebeltröpfchen zustande, welche sich um feine, in der Luft vorhandene Staubpartikelchen als den Kern herum entwickeln. — Aber auch in völlig staubfreier Luft kommt nach den Verfassern um freie Ionen herum Nebelbildung zustande.

Mie (l. c. S. 26) schätzt die Thomsonschen Versuche gerade deshalb hoch, „weil in ihnen die kleinsten Teilchen der Materie, wenigstens im Ionenzustande, direkt sichtbar gemacht werden, dadurch, dass man sie mit Hilfe einer Wasserhülle vergrössert. Sie liefern also einen direkten Beweis für die Atomtheorie." — Was Mie hier von den Ionen sagt, trifft auch für die kleinen Farbstoffpartikelchen zu, welche wir mit dem Mikroskop direkt wahrnehmen, und gleichzeitig sehen wir hier die „Nebelbildung" um den Kern des Farbstoffpartikels herum in Form der Farbstoffhülle auftreten, resp. sich unter unseren Augen bilden, von der ich gesprochen habe.

Haben wir es aber bei diesen Farbstoffnebelbildungen mit elektromagnetischen Kräften der einzelnen Farbstoffmoleküle zu thun, so würde die weitere Frage entstehen, wodurch die Abstände und die Bewegungen der einzelnen Teilchen reguliert werden.

Ob hier elektromagnetische Kräfte mit bestimmter dynamischer Spannung eine Rolle spielen, ob die Newtonschen Gesetze der Gravitation und Anziehungskraft von Masse zu Masse mitwirken, muss der Entscheidung berufenerer Forschung vorbehalten bleiben, jedenfalls aber spricht der regelmässige, ich möchte sagen, gesetzmässige Abstand, den die kleinen, farbig leuchtenden Partikelchen der Farbstoffe in wässeriger Lösung zeigen, und welcher bei verschiedener Konzentration der Lösung, soweit es das Auge zu beurteilen vermag, immer regelmässig und gesetzmässig bleibt, für eine Abhängigkeit von elektromagnetischen Kräften, welche zwischen den verschiedenen Teilchen besteht, und welche den einzelnen Teilchen ihre Lage und wohl auch ihre Bewegung bestimmt.

Die letztere ist, wie schon erwähnt, nicht allein von der Masse des Teilchens, sondern auch von der Stoffbeschaffenheit des Farbstoffes abhängig und in letzterer Beziehung offenbar auch von der Gesamtheit der in Wasser gelösten Teile.

Die Lage und Bewegung der Teile würde nach dieser Auffassung also durch Anziehung, resp. Abstossung, welche die einzelnen Teilchen aufeinander ausüben, bedingt sein, so dass jedes Teilchen in einer Art von labilem Gleichgewichte zwischen den übrigen verharren würde.

Für einen solchen Zustand sprechen auch die vibrierenden und pendelnden Bewegungen, welche die Teilchen fortdauernd ausführen, und welche sehr wohl der motorische Ausdruck der fortwährend veränderlichen Spannung der Kräfte sein könnten, mit welchen sich die Moleküle, respektiv deren Ionen gegenseitig beeinflussen.

Diese elektromagnetischen Kräfte haben wir auch als wirksam erkannt bei den Farbenveränderungen, welche die einzelnen Teilchen des Preussischblau und des Naphtholgelb in der Mischung ihrer wässerigen Lösungen zeigen und welche wir darauf zurückführten, dass die einzelnen Farbstoffteilchen sich mit einer dünnen Hülle der Mischungskomponente umhüllen.

Wenn diese Auffassung richtig war, musste man, wenn es sich um eine einfache, durch Attraktion bedingte An- respektiv Umlagerung kleinster negativ geladener Teilchen um positive herum handelt und umgekehrt, die angelagerten respektiv die vermischten Teilchen elektrolytisch wieder zu trennen vermögen.

Der Versuch bestätigte diese Voraussetzung vollkommen.

I. Durch eine bogenförmige Glasröhre, die mit der grünen aus Preussischblau- und Naphtholgelblösung gemischten Farbflüssigkeit gefüllt war und in welche die mit den beiden Polen verbundenen Platinbleche eintauchten, wurde zunächst ein Strom von 35 Volt und circa $^1/_{10}$ Ampère geleitet. Am negativen Pole sammelte sich sehr bald eine gelbe Flüssigkeit an, während am positiven Pol eine intensiv grün gefärbte Flüssigkeit sich ablagerte. Gleichzeitig findet Wasserzersetzung statt. Beide Flüssigkeiten wurden mit einer Saugpipette herausgehoben und jede für sich mit dem Mikroskop untersucht.

Die am negativen Pole angesammelte gelbe Flüssigkeit zeigte lauter messinggelbe Naphtholgelbteilchen und so gut wie keine Beimischung von Preussischblauteilchen. Die Naphtholgelbteilchen sind aber zum grossen Teile jetzt zu kleinen Häufchen oder zu kurzen Ketten geballt, zum Teile finden sie sich einzeln, wie in frischer Naphtholgelblösung.

Die tiefgrüne Flüssigkeit am positiven Pole zeigt mikroskopisch vorzugsweise gelbrote Teilchen des Preussischblau (mit gelber Hülle) und wenige zugemischte grüne Naphtholgelbteilchen, nicht geballt, sondern in einzelnen Partikelchen, wie in der grünen Mischung, bevor sie der Elektrolyse unterworfen wurde.

II. Eine Lösung von Preussischblau in Wasser wird auf dieselbe Weise der Elektrolyse unterworfen.

Am positiven Pole sammeln sich sämtliche

Partikel des Preussischblau an, die andere Hälfte der Flüssigkeit am negativen Pole wird wasserklar.

III. Eine Lösung von Naphtholgelb in Wasser wird auf dieselbe Weise behandelt. Ausser Wasserzersetzung ist selbst nach 2½ Stunden an der Flüssigkeit keine Veränderung zu bemerken.

Aus diesen Versuchen folgt, dass Naphtholgelb ein vorzüglicher Leiter der Elektrizität ist, dass die Preussischblauteile negativ elektrisch geladen sind, sowie dass die Naphtholgelbteile in der Mischung mit Preussischblau elektrisch positive Eigenschaften gewinnen. Durch das elektrolytische Verhalten der Farbstoffe wird unsere Annahme über das Zustandekommen der Verfärbung der einzelnen Farbstoffteile in Mischungen in hohem Grade gestützt respektive bestätigt.

Bei der vorstehenden Betrachtung über die Entstehung der Mischfarben habe ich mich an den einfachsten Fall gehalten, dass zwei Farbstoffe, welche je ein charakteristisches Teilchen enthalten, zur Mischung verwendet werden.

Bei vielen anderen Farbstoffen, auch bei solchen, die in der Chemie für chemisch rein gelten, besteht der einzelne Farbstoff mikroskopisch aus zwei, drei oder mehr verschiedenfarbigen Teilchen, welche dann dadurch, dass die letzteren wegen ihrer Kleinheit gemeinsam auf einer und derselben Netzhautstelle, eventuell einem Zapfenquerschnitt sich abbilden, die Mischfarbe hervorbringen.

Wenn solche aus mehreren verschiedenfarbigen Molekularteilchen zusammengesetzte Farbstoffe mit anderen Farbstoffen in wässeriger Lösung gemischt werden, so tritt häufig der Fall ein, dass ein Teilchen von ganz bestimmter Färbung, welches vor der Mischung einem der Farbstoffe als charakteristischer Bestandteil angehörte, scheinbar aus der Mischung verschwunden und dafür ein neues andersfarbiges aufgetreten ist.

Nach dem, was oben über die Veränderung der beiden Farbkomponenten in der Mischung des Preussischblau und Naphtholgelb ausgeführt worden ist, scheint es berechtigt zu sein, in solchen Fällen kein Verschwinden, d. h. keine chemische Auflösung des Teilchens, sondern eine Umhüllung derselben und dadurch bewirkte Farbenveränderung anzunehmen.

Bei diesen Stoffwanderungen, respektive Umlagerungen ist es im höchsten Grade auffallend, dass bei den neuen Gruppierungen der Teilchen, wie wir sie mit dem Mikroskop direkt zu sehen vermögen, keine Trübungen der wässerigen Lösung respektiv keine Niederschläge auftreten.

In dieser Beziehung scheint das neue Mikroskop berufen zu sein, auf dem Grenzgebiete zwischen Physik und Chemie bedeutsame Aufklärung zu schaffen.

Nur auf einen Punkt muss ich besonders hinweisen, nämlich auf die Anwendung der Farbstofflösungen bei der Färbung der Gewebe und Gewebszellen in der Histologie. Wir gewinnen durch unsere Experimente eine neue Vorstellung von dem Zustandekommen der Färbung dieser Teile. Bisher haben wir dabei an einen stofflosen Vorgang gedacht, an eine Einwirkung der Farblösung auf das Protoplasma oder den Kern respektiv die Chromatinkörper der Zellen, wobei diese Teile dadurch, dass sie gefärbt werden, ihre histologische Struktur genauer erkennen lassen. Jetzt müssen wir uns das etwas anders vorstellen und annehmen, dass hier durch Verbindung respektiv Umhüllung der Zellteile mit materiellen Teilchen des Farbstoffes eine stoffliche Änderung, wenigstens ein stofflicher Zusatz zum Gewebe hergestellt wird. Dabei kann die Möglichkeit, ja die Wahrscheinlichkeit nicht bestritten werden, dass es sich dabei um die Entstehung von morphologischen Gestaltungen handelt, welche durch die in die Zelle einwandernden Farbstoffteile herbeigeführt werden. Der Vorgang der Reaktion speziell der Zelle auf den Farbstoff ist dann unzweifelhaft so aufzufassen, dass bei Attraktion der Farbstoffteile durch Teile des Gewebes dieselben elektromagnetischen Kräfte massgebend sind, wie wir sie bei den Wirkungen der Farbstofflösungen in Mischung studieren konnten.

Zum Schlusse meiner Mitteilung kann ich nicht umhin, die grosse Liberalität, mit welcher die Firma Karl Zeiss in Jena jede wissenschaftliche Bestrebung fördert, auch meinerseits dankend hervorzuheben.

(Eingegangen 16. November 1903.)

M. Petzold (Chemnitz), Diapositive für Projektion mit stereoskopischer Wirkung.[1])

Die vielfachen Versuche, den Projektionsbildern stereoskopische Wirkung zu verleihen, die von einem grossen Auditorium gleichzeitig wahrgenommen wird, haben bislang zu keinem praktischen Resultat geführt. Das nachstehend beschriebene Verfahren hingegen ist dank der Einfachheit der erforderlichen Mittel wohl geeignet, in die Praxis eingeführt zu werden, wenn folgende Arbeitsweise eingehalten wird:

Mit Gelatine überzogene Glasplatten badet man in einer Lösung von 10—20 g doppelchromsaurem Kali in 1000 ccm Wasser und zwar ca. 2—3 Minuten bei künstlichem Licht. Nach kurzem Abspülen unter der Brause

1) Abteilung 2, am 22. September 1903.

trocknet man die derart sensibilisierten Platten in der Dunkelkammer, am besten über Nacht.

Die Haltbarkeit derselben ist wie die aller Chrom-Leimschichten; man präpariere sich daher nur so viel, als man gerade braucht und berücksichtige, dass die Chromgelatine auch im Dunkeln in wenigen Tagen wesentlich verändert wird.

Man kopiert auf Chromgelatine-Platten $8\frac{1}{2}:8\frac{1}{2}$ klare, bestens durchgearbeitete Stereonegative in zerstreutem Tageslicht ungefähr ebensolange wie auf Celloidinpapier, wobei eine dunkelgelbe Kopie auf hellgelbem Grunde entsteht. Diese Stereokopie — jede Hälfte für sich — stellt man in einen Trog mit kaltem, fliessendem Wasser so lange, bis alles unveränderte Chromsalz entfernt, was in ca. $\frac{1}{2}$ Stunde vollkommen erreicht ist. Nunmehr kann sofort zum Färben geschritten werden, zu welchem Behufe man die eine Stereobildhälfte in eine konzentrierte Rot-, die andere in eine ebensolche Grünlösung bringt und mindestens 1 Stunde darin belässt, ohne befürchten zu müssen, dass längeres Verweilen in der Farblösung von schädlichem Einflusse sei.

Als Rot eignen sich die Ponceaus, als Grün die Säure-Grüns am besten, doch ist vor allen Dingen Wert auf die Genauigkeit der Nuancen zu legen insofern, als sie sich möglichst komplementär gegenüberstehen, sich möglichst gegenseitig verschlucken müssen, d. h. die eine Färbung muss, durch die andere Färbung betrachtet, vollkommen schwarz erscheinen.

Nach der Färbung kommen die Einzelkopien in Gefässe mit langsam fliessendem, kaltem Wasser, wobei die Rotkopie besonders beobachtet werden muss, denn sie ist sehr bald, längstens in 5—10 Minuten, entwickelt, während die Grünkopie mindestens 12 Stunden dazu braucht, also über Nacht im fliessenden Wasser stehen kann.

Es resultieren klare, kräftige Farbbilder mit absolut reinen Weissen. Das beim Belichten durch Reduktion entstandene Chromdioxyd hat den Farbstoffen als Beize gedient und zur Bildung von Chromlacken Veranlassung gegeben, die im Falle des Rot leicht, im Falle des Grün schwerer löslich sind in kaltem Wasser, daher die grössere Vorsicht beim ersteren.

Um sie für Projektionszwecke zu montieren, klebt man die beiden farbigen Stereobildhälften derart übereinander, dass sich korrespondierende Punkte oder Flächen decken. Es ist wohl eigentlich überflüssig, zu sagen, dass ein so hergestelltes Diapositiv für Stereoprojektion nur einen Projektionsapparat erfordert, und dass das projizierte Bild, durch eine Brille mit je einem roten und grünen Glase betrachtet, aus jeder Entfernung und von jedem Platze aus stereoskopisch wirken muss.

Selbstredend absorbiert die Betrachtungsbrille einen gewissen Teil des Lichtes, so dass sich eine Lichtquelle empfiehlt, die möglichst kräftig und dabei rein weiss ist, also vor allen Dingen, resp. nur elektrisches Bogenlicht.

(Eingegangen 12. November 1903.)

BESPRECHUNGEN.

Frau Sklodowska Curie, Untersuchungen über die radioaktiven Substanzen. Doktorarbeit der naturwissenschaftlichen Fakultät von Paris. Paris, Gauthiers-Villars fils. 1903.

Die hochverdiente Erforscherin der radioaktiven Substanzen hat in der vorliegenden Monographie eine zusammenfassende ausführliche Arbeit über den gegenwärtigen Stand unserer Kenntnisse von den radioaktiven Substanzen und deren Eigenschaften gegeben. Der Inhalt der Abhandlung gliedert sich in folgende Teile:

Kapitel I: Die Radioaktivität von Uran und Thorium. Radioaktive Mineralien. Es werden nacheinander behandelt: Becquerelstrahlen, Messung der Strahlungsintensität, und die Frage: Ist die Radioaktivität der Atome eine allgemeine Erscheinung?

Kapitel II: Die neuen radioaktiven Substanzen. Untersuchungsmethoden, Polonium, Radium, Aktinium. Radiumspektrum. Extraktion der neuen radioaktiven Substanzen aus den Ausgangsmaterialien. Polonium. Darstellung des reinen Radiumchlorids. Atomgewichtsbestimmung von Radium. Charakter der Radiumsalze.

Kapitel III: Die Strahlung der neuen radioaktiven Substanzen. Untersuchungsmethode. Strahlungsenergie. Zusammengesetzte Natur der Strahlung. Einwirkung des Magnetfeldes. Ablenkbare β-Strahlen. Ladung der ablenkbaren Strahlen. Einwirkung eines elektrischen Feldes auf die ablenkbaren β-Strahlen des Radiums. Verhältnis von Ladung zu Masse für ein vom Radium ausgesandtes negativ geladenes Teilchen. Wirkung des Magnetfeldes auf die α-Strahlen. Wirkung des Magnetfeldes auf die Strahlen anderer radioaktiver Substanzen. Menge der ablenkbaren β-Strahlen in der Radiumstrahlung. Durchdringungsvermögen der Strahlung radioaktiver Körper. Ionisierende Wirkung der Radiumstrahlen auf isolierende Flüssigkeiten. Verschiedene Effekte und Anwendungen der ionisierenden Wirkung der von radioaktiven Substanzen ausgesandten Strahlen,

Fluoreszenz- und Lichtwirkungen. Wärmeentwickelung durch Radiumsalze. Chemische Wirkungen und Färbungen, die durch die neuen radioaktiven Substanzen hervorgebracht werden. Hervorrufung von Thermolumineszenz. Radiographien. Physiologische Wirkungen. Einfluss der Temperatur auf die Strahlung.

Kapitel IV: Induzierte Radioaktivität. Mitteilung der Radioaktivität an ursprünglich inaktive Substanzen. Aktivierung in geschlossener Umhüllung. Rolle der Gase bei den Erscheinungen der induzierten Radioaktivität. Emanation. Entaktivierung aktivierter Körper an freier Luft. Entaktivierung in geschlossenen Räumen. Zerfallsgeschwindigkeit der Emanation. Änderung der Aktivität aktivierter Flüssigkeiten und radioaktiver Lösungen. Theorie der Radioaktivität. Andere Form der induzierten Radioaktivität. Induzierte Radioaktivität mit langsamer Veränderlichkeit. Induzierte Aktivität an Substanzen, welche mit Radium zusammen in Lösung waren. Zerstreuung radioaktiven Staubes und induzierte Aktivität des Laboratoriums. Aktivierungen ausserhalb des Bereiches radioaktiver Substanzen. Änderung der Aktivität radioaktiver Körper. Wirkung der Auflösung. Änderung der Aktivität von Radiumsalzen durch Erhitzen. Theoretische Erklärung dieser Änderungen nach der Auflösung und nach dem Erhitzen.

An den Inhalt dieser 4 Kapitel schliesst die Verfasserin Bemerkungen über die Natur und Ursache der radioaktiven Erscheinungen und legt in den Schlussfolgerungen dar, welches ihr Anteil an den Untersuchungen über die radioaktiven Substanzen gewesen ist.

Jeder, der sich über die Gesamtheit der radioaktiven Erscheinungen zu orientieren wünscht, kann nicht genug auf diese umfassende und aus der allerberufensten Feder stammende Abhandlung verwiesen werden.

Emil Bose.

Röntgen-Vereinigung zu Berlin.

Im Jahre 1905 werden es zehn Jahre, dass Herr Geheimrat Prof. Dr. W. C. Röntgen mit seiner epochemachenden Entdeckung der X-Strahlen in die Öffentlichkeit trat. Wenn auch damals an diese Entdeckung die weitgehendsten Hoffnungen geknüpft wurden, so konnte man doch nicht annehmen, daß die neuen Strahlen für die Wissenschaft, insbesondere für alle Zweige der Heilkunde, sowohl auf dem Gebiete der Diagnose als auch neuerdings der Therapie eine derartige Bedeutung erlangen würden. Mit ausserordentlichem Eifer und ungeahntem Erfolge hat Wissenschaft und Technik an der wissenschaftlichen Ergründung und Vervollkommnung der Radiologie gearbeitet. In allen Spezialfächern der Menschenheilkunde, wie in der Tierheilkunde und Zahnheilkunde sind daher heute die Röntgenstrahlen ein unersetzliches Hilfsmittel geworden.

Wohl dürfte es deshalb angezeigt sein, nach Verlauf von 10 Jahren einen kritischen Rückblick auf die Errungenschaften der verflossenen Zeit zu werfen, sowie eine Aussprache über den derzeitigen Stand der Radiologie und darüber herbeizuführen, in welcher Weise die weitere Entwickelung dieser Spezialwissenschaft für die Zukunft den weitgehendsten Erfolg verspricht.

Die Röntgen-Vereinigung zu Berlin hat daher in ihrer Sitzung vom 30. Oktober d. Js. einstimmig beschlossen, anlässlich der zehnjährigen Wiederkehr der Entdeckung der Röntgenstrahlen Ostern 1905 in Berlin im Anschluss an die Tagung der deutschen Gesellschaften für Chirurgie und für orthopädische Chirurgie unter dem Ehrenvorsitz Seiner Exzellenz des Herrn Wirkl. Geh.-Rat Prof. Dr. v. Bergmann einen

Röntgen - Kongress

verbunden mit einer

Röntgen - Ausstellung

zu veranstalten, wozu auch Herr Geh.-Rat Prof. Dr. Röntgen sein Erscheinen als Ehrengast gütigst zugesagt hat.

Die Leitung des Kongresses liegt in der Hand des Vorstandes der Röntgen-Vereinigung zu Berlin, welcher das ausführliche Programm in Kürze publizieren wird. Alle Anfragen sind an Herrn Prof. Dr. R. Eberlein in Berlin NW. (Tierärztliche Hochschule) oder an Herrn Dr. med. Immelmann in Berlin W., Lützowstr. 72 zu richten.

Prof. Dr. Eberlein-Berlin, Vorsitzender.	Dr. Cowl-Berlin, Kassenführer.
Dr. Albers-Schönberg-Hamburg, Korresp. Mitglied.	Prof. Dr. Rieder-München, Korresp. Mitglied.

Dr. Immelmann-Berlin, Schriftführer.

Berichtigungen.

In der Arbeit des Herrn C. C. Baly, S. 801, ist die Zeile 1 der zweiten Spalte „die Spektren von Neon, Krypton und Xenon“ wegzustreichen.

Personalien.

(Die Herausgeber bitten die Herren Fachgenossen, der Redaktion von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)

Ernannt wurden zum o. Professor für reine Mathematik an der Universität Kristiania der Universitätsstipendiat F. C. M. Störmer, der Privatdozent der Mathematik Dr. H. Grassmann-Halle a/S. zum a. o. Professor, der Privatdozent Dr. H. Veillon in Basel zum a. o. Professor der Physik und Chemie.

An der Universität Strassburg habilitierte sich Dr. C. W. Wirtz, Observator der Kais. Universitätssternwarte, für Astronomie.

Professor Pagel, der Lehrer des praktischen Schiffbaues an der Berliner Technischen Hochschule, ist ausgeschieden, um das Amt des technischen Direktors beim Germanischen Lloyd zu übernehmen.

Geh. Hofrat Dr. Ottomar Schmidt, Professor für Chemie und Pharmazie an der Technischen Hochschule und Tierärztlichen Hochschule zu Stuttgart ist, 68 Jahre alt, gestorben.

Von den am 10. Dezember verteilten diesjährigen Nobelpreisen erhielten a) den Preis für Physik Professor Svante August Arrhenius-Stockholm, b) den Preis für Chemie Professor Henry Becquerel und Herr und Frau Curie-Paris. Jeder der beiden Preise beträgt in diesem Jahre 141357 Kronen 57 Öre (rund 200000 Frcs.).

Gesuche.

Physiker,

Privat-Dozent und mehrjähriger Hochschulassistent sucht entsprechende Stellung an einer Hochschule oder höheren Lehranstalt, event. in der Praxis. Gefl. Zuschr. unter **K. L.** an die Redakt. d. Zeitschr.

Für die Redaktion verantwortlich Professor Dr. H. Th. Simon in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.